

**CARACTERIZACIÓN Y ESTIMACIÓN DE EMISIONES VEHICULARES EN LA  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE**

**KRISTEL JESSENIA GIRALDO SERNA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE OPERACIONES Y SISTEMAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
SANTIAGO DE CALI  
2011**

**CARACTERIZACIÓN Y ESTIMACIÓN DE EMISIONES VEHICULARES EN LA  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE**

**KRISTEL JESSENIA GIRALDO SERNA**

**Proyecto de grado para optar por el título de  
Ingeniero industrial**

**Director:  
CARLOS ALBERTO HERRÁN DE LA CRUZ  
Magister**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE OPERACIONES Y SISTEMAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
SANTIAGO DE CALI  
2011**

## **Nota de Aceptación**

**Aprobado por el comité de grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la “Universidad Autónoma de Occidente” para optar por el título de Ingeniera Industrial.**

**VERÓNICA MANZI** .

**Jurado**

**CARLOS APONTE** .

**Jurado**

**Santiago de Cali, 12 de diciembre del 2011**

## **CONTENIDO**

	<b>Pág.</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>5</b>
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>6</b>
<b>2. JUSTIFICACIÓN</b>	<b>7</b>
<b>2.1 LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE</b>	<b>7</b>
<b>2.2 LA SOCIEDAD</b>	<b>7</b>
<b>2.3 LOS ESTUDIANTES</b>	<b>8</b>
<b>2.4 PERSONAL</b>	<b>8</b>
<b>3. OBJETIVOS</b>	<b>9</b>
<b>3.1 OBJETIVO GENERAL</b>	<b>9</b>
<b>3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>9</b>
<b>4. ANTECEDENTES</b>	<b>10</b>
<b>5. MARCO TEÓRICO</b>	<b>17</b>
<b>5.1 EMISIÓN DE CONTAMINANTE ATMOSFÉRICO</b>	<b>17</b>
<b>5.1.1 Contaminantes primarios.</b>	<b>18</b>
<b>5.1.2 Contaminantes secundarios.</b>	<b>18</b>
<b>5.1.3 Inmisiones</b>	<b>19</b>
<b>5.2 CATEGORÍAS DE FUENTES DE EMISIÓN</b>	<b>19</b>

5.2.1 Fuentes Móviles en Ruta	21
5.2.2 Fuentes Móviles fuera de Ruta	21
5.2.3 Fuentes Puntuales.	21
5.2.4 Fuentes de Área (Fuentes Estacionarias de Área)	21
5.2.5 Fuentes Naturales (Biogénicas)	21
5.2.6 Emisiones antrópicas	22
5.2.6.1 Contaminantes emitidos por fuentes móviles	22
5.2.6.2 Calefacciones domésticas	22
5.2.6.3 Contaminantes emitidos por la industria	22
5.3 PRINCIPALES TIPOS DE EMISIÓN EN VEHÍCULOS TERRESTRES	24
5.3.1 Generación de Emisiones en Vehículos	25
5.4 FACTORES DE EMISIÓN	26
5.5 INVENTARIO DE EMISIONES	27
5.5.1 Modelo Mobile	29
5.5.2 Modelo IVE	29
5.5.3 Metodología CORINAIR	30
6. METODOLOGÍA	32
6.1 TIPO DE ESTUDIO	33
6.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	33
6.3 FUENTES DE INFORMACIÓN	33
6.3.1 Fuentes primarias	33
6.3.2 Fuentes secundarias	34
6.4 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	34

<b>6.5 SELECCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO: DETERMINACIÓN, ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DEL ESCENARIO FÍSICO</b>	<b>34</b>
6.5.1 Selección de la vía	34
6.5.2 Determinación cartográfica del área de trabajo	34
<b>6.6 CARACTERIZACIÓN DE LA FLOTA VEHICULAR EN TRÁNSITO POR LA VÍA DE INTERÉS</b>	<b>36</b>
6.6.1 Clasificación de los vehículos	37
6.6.2 Conteo de vehículos por tipo	38
6.6.3 Cálculo de la velocidad promedio	39
<b>6.7 DESARROLLO DEL INVENTARIO DE EMISIONES</b>	<b>39</b>
6.7.1 Organización de la información	40
6.7.2 Selección de la metodología	42
6.7.3 Estimación de los factores de emisión	43
6.7.4 Cálculo de emisiones	48
<b>7. RESULTADOS</b>	<b>49</b>
7.1 CARACTERIZACIÓN DE LA FLOTA VEHICULAR	49
7.2 CONTEO DE VEHÍCULOS	53
7.3 CLASIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS	62
7.4 CÁLCULO DE EMISIONES	71
<b>8. CONCLUSIONES</b>	<b>76</b>
<b>9. RECOMENDACIONES</b>	<b>78</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>79</b>

## LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Contaminantes naturales del aire	17
Cuadro 2. Emisiones antropogénicas primarias	20
Cuadro 3. Porcentaje de emisiones primarias	20
Cuadro 4. Clasificación básica y fuentes de los contaminantes atmosféricos	23
Cuadro 5. Posición Geográfica de Santiago de Cali	35
Cuadro 6. Datos Generales Santiago de Cali	35
Cuadro 7. Nomenclatura utilizada en el estudio	38
Cuadro 8. Clasificación patrón por tipos de vehículos según CORINAIR	40
Cuadro 9. Clasificación patrón por tipos de vehículos usada en este estudio	40
Cuadro 10. Clasificación del modelo vehicular según la metodología CORINAIR	41
Cuadro 11. Clasificación del modelo vehicular usado en este estudio	41
Cuadro 12. Insumos requeridos para cada modelo y su disponibilidad	43
Cuadro 13. Factor de emisión CO para vehículos de pasajeros a gasolina	44
Cuadro 14. Factor de emisión COV para vehículos de pasajeros a gasolina	44
Cuadro 15. Factor de emisión PM10 vehículos a gasolina	44
Cuadro 16. Factor de emisión de NOx para vehículos de pasajeros a gasolina	45
Cuadro 17. Factor de emisión para vehículos de pasajeros diesel	46
Cuadro 18. Factor de emisión para vehículos livianos a Gasolina	46
Cuadro 19. Factor de emisión para vehículos livianos Diesel	46

<b>Cuadro 20. Factor de emisión para vehículos pesados a gasolina</b>	<b>47</b>
<b>Cuadro 21. Factor de emisión para Motos</b>	<b>47</b>
<b>Cuadro 22. Factor de emisión PM10 para motos</b>	<b>47</b>
<b>Cuadro 23. Resultados para el tipo de vehículo según las encuestas aplicadas</b>	<b>49</b>
<b>Cuadro 24. Total de vehículos que transitaron por la vía Panamericana</b>	<b>61</b>
<b>Cuadro 25. Velocidades horarias promedio</b>	<b>62</b>
<b>Cuadro 26. Reporte parque Automotor de la ciudad de Cali</b>	<b>63</b>
<b>Cuadro 27. Porcentaje de distribución para automóviles</b>	<b>64</b>
<b>Cuadro 28. Árbol de porcentajes para automóviles</b>	<b>64</b>
<b>Cuadro 29. Porcentaje de distribución para vehículos livianos</b>	<b>64</b>
<b>Cuadro 30. Árbol de porcentajes para vehículos livianos</b>	<b>65</b>
<b>Cuadro 31. Porcentaje de distribución para Buses</b>	<b>65</b>
<b>Cuadro 32. Árbol de porcentajes para vehículos Buses</b>	<b>66</b>
<b>Cuadro 33. Porcentaje de distribución para Camiones</b>	<b>66</b>
<b>Cuadro 34. Árbol de porcentajes para camiones</b>	<b>66</b>
<b>Cuadro 35. Porcentaje de distribución para Motos</b>	<b>67</b>
<b>Cuadro 36. Árbol de porcentajes para Motos</b>	<b>67</b>
<b>Cuadro 37. Factor de emisión para los contaminantes de análisis dependiendo de la velocidad para este estudio</b>	<b>67</b>
<b>Cuadro 38. Factores de emisión del grupo de investigaciones ambientales</b>	<b>70</b>
<b>Cuadro 39. Emisión de los contaminantes de análisis para el día 28 septiembre 2010</b>	<b>72</b>



## **LISTA DE FIGURAS**

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1. Proceso de combustión en un motor de combustión interna</b>	<b>25</b>
<b>Figura 2. Metodología utilizada para el cálculo de emisiones de fuentes móviles</b>	<b>32</b>
<b>Figura 3. Aspecto cotidiano de la vía panamericana en el tramo de estudio</b>	<b>35</b>
<b>Figura 4. Delimitación del área de estudio frente a la UAO</b>	<b>36</b>
<b>Figura 5. Zona de análisis para la estimación de emisiones vehiculares</b>	<b>38</b>
<b>Figura 6. Distribución porcentual de las categorías de vehículo de la muestra encuestada</b>	<b>49</b>
<b>Figura 7. Combustible Utilizado por los vehículos de pasajeros de la muestra encuestada</b>	<b>50</b>
<b>Figura 8. Capacidad del Motor en vehículos de pasajeros</b>	<b>50</b>
<b>Figura 9. Combustible utilizado por vehículos livianos</b>	<b>51</b>
<b>Figura 10. Capacidad motor para vehículos livianos</b>	<b>51</b>
<b>Figura 11. Combustible Utilizado por vehículos pesados</b>	<b>52</b>
<b>Figura 12. Capacidad del Motor para vehículos pesados</b>	<b>52</b>
<b>Figura 13. Combustible utilizado en Motos</b>	<b>53</b>
<b>Figura 14. Flujo vehicular por hora sentido norte-sur para vehículos de pasajeros</b>	<b>53</b>
<b>Figura 15. Flujo vehicular por hora sentido norte-sur para vehículos livianos</b>	<b>54</b>
<b>Figura 16. Flujo vehicular por hora sentido norte-sur para vehículos pesados</b>	<b>54</b>
<b>Figura 17. Flujo vehicular por hora sentido norte-sur para motos</b>	<b>55</b>

<b>Figura 18. Flujo vehicular por hora sentido sur-norte para vehículos de pasajeros</b>	<b>55</b>
<b>Figura 19. Flujo vehicular por hora sentido sur-norte para vehículos livianos</b>	<b>56</b>
<b>Figura 20. Flujo vehicular por hora sentido sur-norte para vehículos pesados</b>	<b>56</b>
<b>Figura 21. Flujo vehicular por hora sentido sur-norte para motos</b>	<b>57</b>
<b>Figura 22. Flujo vehicular por hora zona Bahía para vehículos de pasajeros</b>	<b>57</b>
<b>Figura 23. Flujo vehicular por hora zona Bahía para vehículos livianos</b>	<b>58</b>
<b>Figura 24. Flujo vehicular por hora zona Bahía para vehículos pesados</b>	<b>58</b>
<b>Figura 25. Flujo vehicular por hora zona Bahía para motos</b>	<b>59</b>
<b>Figura 26. Flujo vehicular por hora vía Panamericana para vehículos de pasajeros</b>	<b>59</b>
<b>Figura 27. Flujo vehicular por hora vía Panamericana para vehículos livianos</b>	<b>60</b>
<b>Figura 28. Flujo vehicular por hora vía Panamericana para vehículos pesados</b>	<b>60</b>
<b>Figura 29. Flujo vehicular por hora vía Panamericana para motos</b>	<b>61</b>
<b>Figura 30. Factor de emisión para contaminantes de estudio con velocidad de 60 km/hora modelo vehicular año &lt; 1970</b>	<b>71</b>
<b>Figura 31. Emisión NOx por hora</b>	<b>73</b>
<b>Figura 32. Emisión CO por hora</b>	<b>73</b>
<b>Figura 33. Emisión COV por hora</b>	<b>74</b>
<b>Figura 34. Emisión PM10 por hora</b>	<b>74</b>
<b>Figura 35. Emisión total de los contaminantes de estudio</b>	<b>75</b>

## **LISTA DE ANEXOS**

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 1. Marco Legal de Normas atmosféricas y de contaminación para vehículos en Colombia</b>	<b>84</b>
<b>Anexo 2. Encuesta para la caracterización de la flota vehicular</b>	<b>86</b>
<b>Anexo 3. Formato para el conteo de vehículos</b>	<b>87</b>
<b>Anexo 4. Formato para asignación de tiempos</b>	<b>90</b>
<b>Anexo 5. formato para las lecturas de velocidades de vehículos en tránsito</b>	<b>91</b>
<b>Anexo 6. Emisión NOx hora a hora para el día 28 de septiembre 00:00 hasta 03:00</b>	<b>92</b>
<b>Anexo 7. Emisión NOx hora a hora para el día 28 de septiembre 03:00 hasta 06:00</b>	<b>93</b>
<b>Anexo 8. Emisión NOx hora a hora para el día 28 de septiembre de 06:00 hasta 09:00</b>	<b>94</b>
<b>Anexo 9. Emisión NOx de 09:00 hasta 12:00</b>	<b>95</b>
<b>Anexo 10. Emisión NOx hora a hora para el día 28 de septiembre de 12:00 hasta 15:00</b>	<b>96</b>
<b>Anexo 11. Emisión NOx hora a hora para el día 28 de septiembre de 15:00 hasta 18:00</b>	<b>97</b>
<b>Anexo 12. Emisión NOx hora a hora para el día 28 de septiembre de 18:00 hasta 21:00</b>	<b>98</b>
<b>Anexo 13. Emisión NOx hora a hora para el día 28 de septiembre de 21:00 hasta 24:00</b>	<b>99</b>
<b>Anexo 14. Emisión COhora a hora para el día 28 de septiembre de 00:00 hasta 03:00</b>	<b>100</b>
<b>Anexo 15. Emisión COhora a hora para el día 28 de septiembre de 03:00 hasta 06:00</b>	<b>101</b>

<b>Anexo 16. Emisión CO hora a hora para el día 28 de septiembre de 06:00 hasta 09:00</b>	<b>102</b>
<b>Anexo 17. Emisión CO hora a hora para el día 28 de septiembre de 09:00 hasta 12:00</b>	<b>103</b>
<b>Anexo 18. Emisión CO hora a hora para el día 28 de septiembre horario de 12:00 hasta 15:00</b>	<b>104</b>
<b>Anexo 19. Emisión CO hora a hora para el día 28 de septiembre de 15:00 hasta 18:00</b>	<b>105</b>
<b>Anexo 20. Emisión CO hora a hora para el día 28 de septiembre de 18:00 hasta 21:00</b>	<b>106</b>
<b>Anexo 21. Emisión CO hora a hora para el día 28 de septiembre de 18:00 hasta 21:00</b>	<b>107</b>
<b>Anexo 22. Emisión COV hora a hora para el día 28 de septiembre de 00:00 hasta 03:00</b>	<b>108</b>
<b>Anexo 23. Emisión COV hora a hora para el día 28 de septiembre de 03:00 hasta 06:00</b>	<b>109</b>
<b>Anexo 24. Emisión COV hora a hora para el día 28 de septiembre de 06:00 hasta 09:00</b>	<b>110</b>
<b>Anexo 25. Emisión COV hora a hora para el día 28 de septiembre de 09:00 hasta 12:00</b>	<b>111</b>
<b>Anexo 26. Emisión COV hora a hora para el día 28 de septiembre de 12:00 hasta 15:00</b>	<b>112</b>
<b>Anexo 27. Emisión COV hora a hora para el día 28 de septiembre de 15:00 hasta 18:00</b>	<b>113</b>
<b>Anexo 28. Emisión COV hora a hora para el día 28 de septiembre de 18:00 hasta 21:00</b>	<b>114</b>
<b>Anexo 29. Emisión COV hora a hora para el día 28 de septiembre 21:00 hasta 24:00</b>	<b>115</b>
<b>Anexo 30. Emisión PM10 hora a hora para el día 28 de septiembre de 00:00 hasta 03:00</b>	<b>116</b>

**Anexo 31. Emisión PM10 hora a hora para el día 28 de septiembre de 03:00 hasta 06:00 117**

**Anexo 32. Emisión PM10 hora a hora para el día 28 de septiembre de 06:00 hasta 09:00 118**

**Anexo 33. Emisión PM10 hora a hora para el día 28 de septiembre de 09:00 hasta 12:00 119**

**Anexo 34. Emisión PM10 hora a hora para el día 28 de septiembre de 12:00 hasta 15:00 120**

**Anexo 35. Emisión PM10 hora a hora para el día 28 de septiembre de 15:00 hasta 18:00 121**

**Anexo 36. Emisión PM10 hora a hora para el día 28 de septiembre de 18:00 hasta 21:00 122**

**Anexo 37. Emisión PM10 hora a hora para el día 28 de septiembre de 21:00 hasta 24:00 123**

## RESUMEN

El presente proyecto estima y caracteriza emisiones atmosféricas provenientes de vehículos que transitan por las vías aledañas a la universidad autónoma de occidente de Cali. Se estimaron las emisiones de óxido de nitrógeno (NOx), monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles (COV) y material particulado (PM10) que permitirán posteriormente con otros estudios establecer el riesgo asociado al que se encuentra expuesto el campus y a partir de estos resultados tomar medidas que puedan conducir a la disminución de enfermedades asociadas a la concentración de contaminantes producto de las emisiones estudiadas.

En primer lugar, se plasma una tipificación de la vía de análisis, estableciendo las condiciones geográficas y datos generales como el clima. También se muestra los planos logrando así identificar las condiciones de la vía Panamericana, estableciendo que es una avenida con doble calzada en sentido norte y sur, su inclinación es nula, es decir, tiene como pendiente cero grados (0°). Por otra parte se realizó una caracterización de los vehículos que transitan por esta vía, a través de 551 encuestas aplicadas a conductores que se mueven por esta ruta de análisis, para identificar el tipo de vehículo, el modelo, la capacidad de cilindraje, entre otros aspectos importantes que establezcan las características vehiculares en la zona de análisis.

Posteriormente, se estimaron los flujos y velocidades de la flota vehicular que transita por la vía, para ello fue necesario contar con una cámara filmadora ubicada en un lugar estratégico que logra captar los vehículos que se mueven de sur a norte, de norte a sur y la bahía de la universidad.

Una vez establecidas las características de la flota en tránsito por la vía, se aplicó la metodología escogida (CORINAIR), analizando la clasificación de la flota vehicular, el modelo, la capacidad de cilindraje y a partir de esto se realiza una nueva clasificación según la información obtenida, también fue necesario establecer los porcentajes de distribución de la flota vehicular según el año de fabricación, el cilindraje, combustible utilizado, por medio de las encuestas aplicadas e información del ministerio de transporte. Con esta información bien definida, se aplican las fórmulas respectivas según la velocidad y modelo, obteniendo las emisiones horarias en caliente de NOx, CO, COV y PM10. Para el día típico seleccionado en el estudio, los resultados fueron: 139543.74 g NOx/d, 577230.67 g CO/d, 136655.23 g COV/d y 8510.15 g PM10/d.

**Palabras clave:** Emisiones atmosféricas, riesgo, caracterización, estimación, flota vehicular, CORINAIR, porcentajes de distribución, oxido de nitrógeno, monóxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles, material particulado.

## INTRODUCCIÓN

Durante el siglo XX, la creciente sensibilización respecto al impacto de las actividades humanas en el medio ambiente y la salud pública, ha dado lugar al desarrollo y la utilización de diferentes métodos y tecnologías para reducir los efectos de la contaminación (Protocolo de Kioto, 1997). En este sentido, los gobiernos han adoptado medidas de carácter normativo y político para minimizar los efectos negativos y garantizar el cumplimiento de las normas sobre calidad ambiental.

El objetivo del presente documento es caracterizar y estimar las emisiones vehiculares de NO<sub>x</sub>, CO, COV y PM<sub>10</sub> provenientes de la flota en tránsito por la principal arteria vecina a la Universidad Autónoma de Occidente, específicamente en el tramo comprendido entre el paso elevado (800 m hacia el norte) y el cruce hacia Puerto Tejada (500 m hacia el sur) de la autopista Cali – Jamundí, para un día típico en lo que se relaciona con el flujo vehicular.

Para iniciar el proceso de inventario de emisiones se aplicó la metodología CORINAIR (coreinventory of air emissions), la cual fue presentada desde 1995 por el Centro Europeo para Asuntos de Emisiones Atmosféricas, a través de contratos con la Agencia Europea Ambiental. El objeto de la metodología es recopilar, mantener, manejar y publicar información de emisiones al aire, a través del inventario de emisiones atmosféricas de Europa y un sistema de bases de datos.

En este estudio se analizan las emisiones atmosféricas de las fuentes móviles, las cuales implican problemas ambientales, además de las repercusiones en la salud como diversas enfermedades respiratorias, vasculares y cardíacas (MinisteriumfürUmwelt 1993). Se ha descubierto que las emisiones de los vehículos son una de las causas más relevantes del deterioro del aire, y se presenta con mayor concentración en las áreas urbanas donde se encuentra la mayor cantidad de fuentes móviles contaminantes. Por ello, resulta importante caracterizar y estimar las emisiones vehiculares en la Universidad Autónoma de Occidente.



## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente el campus de la Universidad Autónoma de Occidente (UAO) está ubicado sobre una vía principal que es puente de comunicación entre la ciudad de Cali y otros sectores aledaños como Jamundí, Santander de Quilichao, Popayán entre otras, debido a esto, el flujo vehicular es alto y la emisión de gases contaminantes es mayor cuando existe un aumento en el tránsito de vehículos , por tanto esta zona se encuentra expuesta a contaminantes atmosféricos emitidos por fuentes vehiculares, que alteran la calidad del aire y pueden representar efectos adversos a la salud en términos de fatiga, somnolencia, dolor de cabeza y otros síntomas enumerados en diversos estudios<sup>1</sup>.

La ciudad de Cali, específicamente en la zona de la universidad no cuenta con registros sobre el nivel de contaminación generado por las fuentes móviles que circulan a su alrededor por medio de la aplicación de una metodología y como consecuencia, no se dispone de información que permita de manera clara y oportuna estimar los niveles de exposición y el riesgo sanitario asociado al flujo vehicular y sus emisiones.

Por lo anterior, se hizo necesario realizar una caracterización y estimación de las emisiones vehiculares y de esta forma, establecer un inventario de las mismas que sirvan de base para futuras investigaciones sobre emisión de contaminantes y riesgos asociados, teniendo en cuenta que el riesgo sanitario afecta principalmente a la comunidad universitaria y transeúntes de la vía.

---

<sup>1</sup>Air Quality management district [en línea]. Costa Sur: Aire sucio: efectos de la contaminación del aire sobre la salud. [consultado 15 de septiembre de 2011]. Disponible en Internet: [http://www.aqmd.gov/forstudents/aire\\_sucio.html](http://www.aqmd.gov/forstudents/aire_sucio.html)

## **2. JUSTIFICACIÓN**

La magnitud de las emisiones generadas por las fuentes móviles ha sido de gran impacto en todas las ciudades del mundo, a tal punto que se ha hecho necesaria la aparición de organismos especializados en calidad de aire y a endurecer las normas y leyes para regular estas emisiones. La caracterización y estimación de emisiones vehiculares en la universidad autónoma de occidente beneficia a toda la comunidad de estudiantes y trabajadores de la UAO ya que hasta ahora no se conocen las cantidades de los contaminantes atmosféricos emitidos por los automóviles en los alrededores del campus universitario.

Los resultados obtenidos en este proyecto, favorecerán de manera oportuna y eficaz a:

### **2.1 LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE**

La estimación de emisiones vehiculares, permite a la universidad ver que tan contaminada está la zona en que se encuentra ubicada, y de acuerdo con esto, establecer medidas de control que reduzcan la contaminación, además dar a conocer estos índices al departamento administrativo de medio ambiente y que esta entidad tome estrategias preventivas y/o correctivas en la ciudad. Además de esto, los resultados de este trabajo van a contribuir al proyecto de investigación “Determinación de la dinámica de exposición de contaminantes atmosféricos en la universidad autónoma de occidente y estimación del riesgo sanitario asociado”, adelantado por el grupo de investigación en Mecánica de Fluidos y Grupo de investigación Estudio y Control de la Contaminación Ambiental (ECCA) –Univalle.

### **2.2 LA SOCIEDAD**

Es importante la estimación de emisiones contaminantes ya que permite tener un acercamiento más real de la situación que se vive diariamente en la universidad con respecto al daño causado por las emisiones vehiculares. Toda esta contaminación es absorbida por los transeúntes, los estudiantes, colaboradores de la universidad y los habitantes de esta zona, para ellos es de gran importancia encontrar mecanismos que controlen esta situación las cuales generan desconfort y problemas de salud. La caracterización y estimación de las emisiones vehiculares, busca dar a conocer las cantidades de CO, NO<sub>x</sub>, COV y PM<sub>10</sub> que afectan las condiciones de vida de todas las personas de la zona.

## **2.3 LOS ESTUDIANTES**

La caracterización y estimación de las emisiones vehiculares sirve como base para una profundización más detallada de la contaminación del aire, esto ayudara en la formación del estudiante ya que adquiere nuevos conocimientos y manejo de metodología CORINAIR que es uno de los programas a utilizar en la estimación de las concentraciones de contaminantes, esto aportan un valor agregado a su carrera y su formación profesional. Los métodos de trabajo aplicado, los conocimientos generados, las experiencias recogidas, podrán ser replicadas y mejoradas por estudiantes de la facultad de ingeniería.

## **2.4 PERSONAL**

Gracias a la realización del inventario de emisiones en la zona de análisis se tendrá la oportunidad de poner en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo del proceso de formación profesional, específicamente en lo relacionado con las áreas de formación en calidad de la carrera apoyando y promoviendo legislaciones y medidas drásticas dirigidas a proteger el medio ambiente como también la calidad del aire, aprender con mayor profundidad las principales emisiones debido a las fuentes móviles que generan contaminación al medio ambiente.

### **3. OBJETIVOS**

#### **5.1 OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar y estimar emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV), material particulado (PM10), óxidos de nitrógeno (NOx), monóxido de carbono (CO) en la Universidad Autónoma de Occidente, para obtener un inventario de emisiones vehiculares.

#### **5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Adquirir información climatológica y geográfica para ser utilizada en la metodología CORINAIR.
- ✓ Realizar un estudio de las fuentes móviles que transitan alrededor de la universidad, para recoger información necesaria que la metodología CORINAIR utiliza.
- ✓ Determinar los flujos vehiculares que servirán de base para una adecuada clasificación por tipos de vehículos.
- ✓ Determinar los factores de emisión propios de la flota vehicular en tránsito.

#### 4. ANTECEDENTES

La contaminación atmosférica en Colombia ha sido uno de los factores de mayor preocupación en los últimos años, por los impactos generados tanto en la salud como en el medio ambiente. Desde el punto de vista de los costos sociales y ambientales, la problemática atmosférica actual es la de mayor importancia luego de los costos sociales y ambientales generados por la contaminación del agua y los desastres naturales<sup>2</sup>.

En este sentido, Colombia ha tenido una larga y amplia tradición en materia de acciones para el control de la contaminación del aire. Inicialmente, en 1967 se instalaron las primeras redes para el monitoreo de la calidad del aire<sup>3</sup>; posteriormente, en 1973 se expidió la Ley 23, cuyo propósito es “Prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del territorio nacional”. Adicionalmente, dicha Ley le concedió facultades al gobierno nacional para la expedición del Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, el cual fue sancionado por el presidente por medio del Decreto-Ley 2811 de 1974.

En 1979, el Congreso de la República aprobó la Ley 9, la cual establece el Código Sanitario Nacional, por medio de la cual se promulgaron las medidas sanitarias para la protección del medio ambiente, dándole en su momento la facultad al Ministerio de Salud para proferir normas para el control de la contaminación atmosférica.

La primera norma que reguló la emisión y concentración de contaminantes a la atmósfera fue emitida en 1982, año en el cual se adoptaron los estándares de calidad del aire y de emisión por fuentes fijas mediante el Decreto 02, el cual reglamentó parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979 y el Decreto – Ley 2811 de 1974 en cuanto a contaminación atmosférica se refiere. Este decreto fue derogado parcialmente en 1995<sup>4</sup> y de manera definitiva en 2008. Por otra parte, en 2001 se

---

<sup>2</sup> LARSEN, Bjorn. Cost of Environmental Damage: A Socio-Economic and Environmental Health Risk Assessment. Canadá 2004. Ministry of Environment

<sup>3</sup> SÁNCHEZ, E. y HERRERA, C. Contaminación Atmosférica: La Contaminación Industrial en Colombia. Bogotá 1994. DNP. PNUD.

<sup>4</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Decreto 948 (5, junio, 1995). Por el cual se reglamentan, parcialmente la Ley 23 de 1973, los artículos 33, 73, 74, 75 y 75 del Decreto-Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de

expidió una norma específica para el Distrito Capital en donde se establecieron estándares más estrictos y se incluyeron contaminantes que no habían sido contemplados anteriormente. Estos esfuerzos iniciales han sido primordiales para el avance en la gestión ambiental del aire que se ha desarrollado en el país. La Constitución Nacional de 1991 planteó una serie de deberes y derechos relacionados con el medio ambiente. En el Capítulo 3, De los derechos colectivos y del ambiente, establece en los artículos 79 y 80 que “Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo” y “Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados”.

Con base en la Constitución, en 1993 se expidió la Ley 99 por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente; hoy Ministerio de Ambiente (MMA), se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables y se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA), estableciendo como responsabilidad de las autoridades ambientales ejercer la evaluación, control y seguimiento ambiental de los usos del agua, el suelo, el aire y los demás recursos naturales renovables.

Lo anterior comprende el vertimiento, emisión o incorporación de sustancias o residuos líquidos, sólidos o gaseosos a las aguas en cualquiera de sus formas, al aire o a los suelos, así como los vertimientos o emisiones que puedan causar daño o poner en peligro el desarrollo sostenible de las actividades antrópicas y generar impactos sobre los recursos naturales renovables o impedir u obstaculizar su empleo para otros usos. Estas funciones incluyen la expedición de las respectivas licencias ambientales, permisos, concesiones, autorizaciones y salvoconductos, funciones que hasta ese momento en el tema de aire estaban en cabeza del Ministerio de Salud.

En marzo de 2005, el Consejo Nacional de Política Económica y Social aprobó el documento Conpes 3344 que contiene los lineamientos para la formulación de la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire y que recomienda adoptar los lineamientos propuestos en dicho documento para el desarrollo de estrategias de prevención y control de la contaminación del aire; solicita al Ministerio de Ambiente, en coordinación con los Ministerios de Minas y Energía, Protección Social y Transporte, adelantar los trámites necesarios para la creación de la Comisión Técnica Nacional Intersectorial para la Prevención y el Control de

---

1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire. Alcaldía de Bogotá, Bogotá D.C., 1995. P 7.

la Contaminación del Aire, CONAIRE; y solicita a las entidades que integran la CONAIRE concurrir coordinadamente en el desarrollo de las acciones indicadas en el Plan de Acción del documento Conpes y, a partir de la fecha de conformación de la CONAIRE, detallar y ajustar el plan de acción que garantice su efectiva implementación.

En el transcurso de las últimas décadas, los niveles de contaminación en Colombia han tenido un comportamiento creciente. Todos los sectores son partícipes en este aumento de la contaminación (consumidores, productores). Como lo anota Sánchez Triana<sup>5</sup>, durante los últimos 20 años la calidad del ambiente en Colombia se ha degradado a tasas que no tienen precedente. Los niveles de contaminación ambiental que se registraron en las principales ciudades del país colocaban a Santafé de Bogotá, Cali, Medellín, Barranquilla y Cartagena con índices de contaminación superiores a los de ciudades en países industrializados que cuentan con un mayor número de habitantes y un nivel de desarrollo económico más elevado.

En las décadas pasadas, Colombia basó su desarrollo y crecimiento a costa de su medio ambiente, algo similar a lo que venía ocurriendo a nivel mundial. Los impactos del aparato productivo sobre la naturaleza fueron muy poco tenidos en cuenta, y la industria creada en Colombia avanzó con altos niveles de contaminación.

El problema de la contaminación ha tendido a localizarse en las grandes ciudades. En Santafé de Bogotá, entre 1983 y 1984 se realizó el primer estudio de calidad del aire por parte del servicio de salud de Bogotá, y se encontró que cerca del 78% de los datos reportados por las estaciones de muestreo, ubicadas en su mayoría en las zonas industriales, estaban por encima de la norma de calidad del aire.

En 1974 fue expedido el Código Nacional de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente, CNRN, a través del decreto legislativo 2811. Éste establecía una base para la protección de los recursos biológicos, la investigación científica y la educación sobre cuestiones ambientales en Colombia.

Con el decreto 100 de 1980 del Código Penal se establecen normas coercitivas para la defensa y protección de los recursos naturales, elevando a la categoría de delito aspectos como la contaminación ambiental. De otro lado en la década de los ochenta se firmaron varios compromisos internacionales con respecto al cuidado

---

<sup>5</sup>TRIANA, Ernesto. BOTERO, Eduardo. La Contaminación: Contaminación industrial en Colombia. Bogotá 1994. DNP, PNUD.

del medio ambiente: en 1980 se aprueba el Protocolo relativo a la prohibición del uso de gases asfixiantes, tóxicos o similares y de medios bacteriológicos con fines bélicos y se autoriza al Gobierno de Colombia para adherir a dicho Protocolo y a la Convención sobre la prohibición del desarrollo, la producción y el almacenamiento de armas bacteriológicas (biológicas), tóxicas y sobre su destrucción<sup>6</sup>. Debido a los graves efectos globales que se pueden generar si se sigue con los altos niveles de contaminación, surge en el ámbito mundial la necesidad de establecer políticas para su control, y precisamente en el marco de este contexto internacional Colombia se inserta en los temas de control a la contaminación.

En 1979 varios países se comprometieron a reducir las emisiones de dióxido de azufre y también a impulsar un plan de control a las emisiones de óxido de nitrógeno, principal causante de la lluvia ácida. En Alemania, entre el periodo 1985-1988, se redujeron en un 64% las emisiones totales anuales de dióxido de azufre, ya que se establecieron normas concernientes a este objetivo.

Muchos otros países también han tenido éxito en la reducción de sus niveles de contaminación; en Canadá y específicamente en Toronto, los niveles diarios de óxido de azufre bajaron en más del 60% entre 1976 y 1985, y Suecia redujo dos terceras partes de sus emisiones de dióxido de azufre entre 1970 y 1985. Pero es sólo desde 1992, según los acuerdos de la Cumbre Mundial de la Tierra (Río de Janeiro), cuando la problemática de la contaminación y el cambio climático es tratada con mayor atención y compromiso. Allí la mayoría de países del globo se suscribieron a la que se llamó la Convención sobre cambio climático, donde quedó sellado el compromiso de reducir las emisiones, especialmente en los países industrializados. Es justamente a partir de esta cumbre que el tema de la contaminación es tenido en cuenta en una mayor escala en Colombia.

Sin embargo, la Asamblea Nacional Constituyente, que dio origen a la Constitución Política de 1991, ya había determinado normas que directa o indirectamente se relacionaran con los temas ambientales.

---

<sup>6</sup> COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 10 (4, febrero, 1980). Por medio de la cual se aprueba el "Protocolo relativo a la prohibición del empleo en la guerra de gases asfixiantes, tóxicos o similares, y de medios bacteriológicos", firmado en Ginebra el 17 de junio de 1925, y se autoriza al Gobierno de Colombia para adherir a dicho Protocolo; y la "Convención sobre la prohibición del desarrollo, la producción y el almacenamiento de armas bacteriológicas (Biológicas), y toxínicas y sobre su destrucción", hecha en tres ejemplares en Washington, Londres y Moscú el 10 de abril de 1972 [en línea]. Washington: Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental. Organización panamericana de la salud, Washington, 1980. P 8.



Entre el periodo de la constituyente y la Cumbre de Río es cuando se comienza analizar la importancia de crear un ministerio del medio ambiente, idea que culminó con la expedición de la Ley 99 de 1993<sup>7</sup>. Esta ley creó el Ministerio de Medio Ambiente y reordenó al sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente; así mismo dio las pautas para estructurar el Sistema Nacional Ambiental, SINA. De igual manera, esta ley desarrolló algunos conceptos ambientales consagrados en la Constitución Política y las obligaciones y deberes adquiridos en la Cumbre de Río (1992). En la década de los noventa, con anterioridad a la creación del Ministerio del Medio Ambiente ya habían comenzado a surgir normas sobre contaminantes como el ruido, y se estaban adoptando valores límites permisibles para la exposición<sup>8</sup>. Pero es sólo después de la creación del ministerio, que surge una mayor cantidad de disposiciones legales tendientes a disminuir los impactos de la contaminación y al mejoramiento de la calidad ambiental. Resoluciones como las de restringir el uso de determinadas sustancias químicas<sup>9</sup>, son un ejemplo de esta nueva etapa.

Dentro del marco de la Ley 99 hay que destacar la creación de importantes institutos como el Ideam, para el estudio de diferentes temas ambientales en Colombia<sup>10</sup>.

Así mismo, en materia de educación ambiental se hacen avances importantes, teniendo en cuenta que en las décadas pasadas estos temas no existían en la agenda educativa<sup>11</sup>. Se entran a regular temas de seguridad nacional, como la prohibición de introducir residuos peligrosos al territorio, dada la presión ejercida

---

<sup>7</sup> COLOMBIA. ASOCIACIÓN DE CORPORACIONES AUTÓNOMAS REGIONALES Y DE DESARROLLO SOSTENIBLE. Ley 99 (22, diciembre, 1993). Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones. Alcaldía de Bogotá, Bogotá D.C., 1993. P 6.

<sup>8</sup>COLOMBIA. MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL. Resolución 001792 (3, mayo, 1990). Por la cual se adoptan valores límites permisibles para la exposición ocupacional al ruido. Fondo de riesgo profesional, Bogotá D.C., 1990. P 7.

<sup>9</sup>COLOMBIA. MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL. Resolución 9913 (6, diciembre, 1993). Por la cual se prohíbe y restringe el uso de unas sustancias químicas. Ministerio de comercio, Bogotá D.C., 1993. P 10

<sup>10</sup>COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Decreto 1277 (21, junio, 1994). Por el cual se organiza y establece el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. Ediciones Jurídicas, Bogotá D.C., 1994. 19 p.

<sup>11</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. Decreto 1743 (3, agosto, 1994). Por el cual se instituye el Proyecto de Educación Ambiental para todos los niveles de educación formal, se fijan criterios para la promoción de la educación ambiental no formal e informal y se establecen los mecanismos de coordinación entre el Ministerio de Educación nacional y el Ministerio del Medio Ambiente. Ministerio de ambiente, Bogotá D.C., 1994. P 6.

por los países industrializados en su búsqueda botaderos para sus residuos peligrosos<sup>12</sup>.

En el ámbito local, antes de 1977 el municipio de Cali no tenía instrumentos para garantizar el cumplimiento efectivo de normas de seguridad vial, como la revisión técnico mecánica de los vehículos automotores, debiendo recurrir a la celebración de convenios con “talleres”, muchos de ellos sin infraestructura tecnológica, ni estandarización de procesos que garantizarán un idóneo servicio de revisión y una contribución importante a la seguridad vial y a la protección de la vida y el ambiente.

Por ese motivo se decide la creación del Centro de Diagnóstico Automotor del Valle (CDAV), una empresa de economía mixta, con independencia patrimonial y autonomía administrativa, orientada a diagnosticar con carácter de neutralidad el estado técnico mecánico de los vehículos que circulan en el municipio de Santiago de Cali. En 1995 por delegación del Organismo de Tránsito del Municipio se crea la infraestructura para iniciar el servicio de expedición de Licencias de Conducción.

Luego, en el mismo año, el Centro Diagnóstico redefine sus objetivos y estrategias corporativas. En coordinación con universidades locales, se dan los primeros pasos para elaborar un proyecto de reglamentación para el control a fuentes móviles que posteriormente se reglamentaría con la expedición de la Ley Marco Ambiental o Decreto 948 de junio 5 de 1995, fue así como estructuró el Programa de Control de Emisiones Contaminantes Vehiculares, estableciéndose convenios con la Secretaría de Tránsito y Transporte Municipal y el Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente “DAGMA”.

Se inicia la descentralización de los servicios, llegando a las sedes de las empresas con programas de verificación de emisiones contaminantes en automotores.

Se trabajó permanentemente para generar cultura ecológica entre los propietarios de vehículos, buscando mantener el parque automotor circulante en Cali, dentro de los estándares de emisiones permitidos por la Ley.

---

<sup>12</sup>COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Resolución 189 (15, julio, 1994). Por la cual se dictan regulaciones para impedir la introducción al territorio nacional de residuos peligrosos. Saneamiento ambiental y sanitario, Bogotá D.C., 1994. P 15.

El CDAV participa en mesas de trabajo a nivel nacional para la adopción de políticas y desarrollos legales y técnicos para las emisiones vehiculares.

En el año 2002 aparece la Ley 769, Nuevo Código Nacional de Tránsito, la entrada en funcionamiento de la revisión técnico mecánica obligatoria de vehículos particulares, sustentada en muchos estudios técnicos y en la Resolución 3500 de 2005, que se inicia en enero de 2007, el Centro se constituye en uno en los primeros habilitados para ofrecer el servicio bajo la nueva norma.

## 5. MARCO TEÓRICO

La contaminación atmosférica puede tener carácter local, cuando los efectos ligados al foco se sufren en las inmediaciones del mismo, o planetario, cuando por las características del contaminante, se ve afectado el equilibrio general del planeta y zonas muy alejadas a los focos emisores resultan impactadas negativamente. (Fernández, 2008)<sup>13</sup>.

### 5.1 EMISIÓN DE CONTAMINANTE ATMOSFÉRICO

Se entiende por emisión contaminante la presencia en el aire de sustancias y formas de energía que alteran la calidad del mismo, de modo que implique riesgos, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza. Una sustancia es considerada contaminante o no, dependiendo de los efectos que produzca sobre sus receptores. Se consideran contaminantes aquellas sustancias que pueden dar lugar a riesgo o daño, para las personas o bienes en determinadas circunstancias.<sup>14</sup>

**Cuadro 1. Contaminantes naturales del aire**

Contaminantes Naturales del Aire	
Fuente	Contaminantes
Volcanes	Óxidos de azufre, partículas
Fuegos forestales	Monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas
Vendavales	Polvo
Plantas (vivas)	Hidrocarburos, polen
Plantas (en descomposición)	Metano, sulfuro de hidrógeno
Suelo	Virus, polvo
Mar	Partículas de sal

<sup>13</sup> FERNÁNDEZ, N Y. Curso: "La tecnología del medio ambiente en el sector farmacéutico". Cuba Noviembre 2008. Universidad de la Habana.

<sup>14</sup> La contaminación Atmosférica. [En línea]. República Dominicana: educación ambiental en la república Dominicana (consultado: 3 de abril de 2010). Disponible en internet: <<http://www.jmarcano.com/recursos/contamin/catmosf2.html>>

FUENTE: La contaminación Atmosférica. [En línea]. República Dominicana: educación ambiental en la república Dominicana (consultado: 3 de abril de 2010). Disponible en internet: <<http://www.jmarcano.com/recursos/contamin/catmosf2.html>>

En el cuadro 1 se muestra los tipos de fuentes y contaminantes que contribuyen a la contaminación natural del aire. Por lo general, los contaminantes naturales ocurren en cantidades mayores, pero las actividades humanas son la amenaza más significativa para la biosfera.

**5.1.1 Contaminantes primarios.** Son aquellas sustancias contaminantes emitidas directamente a la atmósfera. Entre los contaminantes atmosféricos más frecuentes que causan alteraciones en la atmósfera se encuentran:

- Aerosoles
- Óxidos de azufre, SO<sub>x</sub>.
- Monóxido de carbono, CO.
- Óxidos de nitrógeno, NO<sub>x</sub>.
- Hidrocarburos, Hn Cm.
- Ozono, O<sub>3</sub>.
- Anhídrido carbónico, CO<sub>2</sub>.

En la atmósfera se localizan unos contaminantes que se presentan más extraordinariamente, pero que pueden producir efectos negativos sobre determinadas zonas por ser su emisión a la atmósfera muy localizada. Se encuentra como más significativos los siguientes:

- Otros derivados del azufre.
- Halógenos y sus derivados.
- Arsénico y sus derivados.
- Componentes orgánicos.
- Partículas de metales pesados y ligeros.
- Partículas de sustancias minerales.
- Sustancias radiactivas.

**5.1.2 Contaminantes secundarios.** Es un contaminante que no es emitido directamente a la atmósfera desde una fuente, sino que se producen como consecuencia de las transformaciones, reacciones químicas y fotoquímicas. Un claro ejemplo de este tipo de contaminantes es el ozono, que se forma cuando los hidrocarburos (HC) y los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) se combinan en presencia de luz solar.

**5.1.3 Inmisiones.** La exigencia de un aire limpio y puro se origina, ante la creciente preocupación por los problemas de contaminación atmosférica originados como consecuencia de la evolución de la tecnología moderna y la suposición de que las emisiones de contaminantes a la atmósfera alteren el equilibrio natural existente entre los distintos ecosistemas, esto a su vez, afectan la salud de los humanos y a los bienes materiales o, incluso, provoquen cambios en el clima terrestre.

La emisión a la atmósfera de sustancias contaminantes en cantidades crecientes, han provocado ya concentraciones de estas sustancias a nivel del suelo que han ido acompañadas de aumentos exagerados de la mortalidad, existiendo pruebas abundantes de que, en general, las concentraciones elevadas de contaminantes en el aire atentan contra la salud de los seres humanos.

En la mayoría de los países industrializados se han establecido valores máximos de concentración admisible, para los contaminantes atmosféricos más característicos. Estos valores se han fijado a partir de estudios teóricos y prácticos de los efectos que sobre la salud tiene la contaminación al nivel actual y los que puede alcanzar en el futuro. En gran cantidad de países, las normas de calidad del aire tienen como objetivo inmediato el evitar enfermedades y fallecimientos en aquellos subgrupos de la población más sensibles. Hay que tener en cuenta que el objetivo a largo plazo ha de ser de protección contra todo posible efecto sobre la salud del hombre, incluidas las alteraciones genéticas y somáticas.

La calidad del aire se evalúa por medio de los denominados niveles de inmisión, que vienen definidos como la concentración media de un contaminante presente en el aire durante un periodo de tiempo determinado. La unidad en que se expresan normalmente estos niveles son microgramos de contaminante por metro cúbico de aire, medidos durante un periodo de tiempo determinado<sup>15</sup>

## **5.2 CATEGORÍAS DE FUENTES DE EMISIÓN**

Los contaminantes presentes en la atmósfera provienen de dos tipos de fuentes emisoras: las naturales y las antropogénicas. Por su parte, los principales focos antropogénicos de emisiones primarias se pueden clasificar en:

---

<sup>15</sup>La contaminación Atmosférica. [En línea].República Dominicana: educación ambiental en la república Dominicana (consultado: 3 de abril de 2010). Disponible en internet: <<http://www.jmarcano.com/recursos/contamin/catmosf2.html>>

## Cuadro 2. Emisiones antropogénicas primarias

<b>Focos fijos</b>	Industriales	Procesos industriales
		Instalaciones fijas de combustión
	Domésticos	Instalaciones de calefacción
<b>Focos móviles</b>	Vehículos automóviles	
	Aeronaves	
	Buques	
<b>Focos compuestos</b>	Aglomeraciones industriales	
	Áreas urbanas	

FUENTE: La contaminación Atmosférica. [En línea]. República Dominicana: educación ambiental en la república Dominicana (consultado: 3 de abril de 2010). Disponible en internet: <<http://www.jmarcano.com/recursos/contamin/catmosf2.html>>

Las fuentes también se clasifican en: puntuales, tales como las chimeneas industriales aisladas; lineales, por ejemplo, las calles de una ciudad, las carreteras y autopistas; y planos, como por ejemplo las aglomeraciones industriales y las áreas urbanas.

En el cuadro 3 se observa la proporción entre las emisiones primarias naturales y antropogénicas para distintos contaminantes.

## Cuadro 3. Porcentaje de emisiones primarias

<b>Contaminante</b>	<b>Focos de emisión</b>	
	<b>Antropogénicos %</b>	<b>Naturales %</b>
Aerosoles	11.3	88.7
SOx	42.9	57.1
CO	9.4	90.6
NO	11.3	88.7
HC	15.5	84.5

Fuente: La contaminación Atmosférica. [En línea]. República Dominicana: educación ambiental en la república Dominicana (consultado: 3 de abril de 2010). Disponible en internet: <<http://www.jmarcano.com/recursos/contamin/catmosf2.html>>

Las fuentes naturales tienen mayor porcentaje de emisión contaminante en relación con las fuentes antropogénicas.

**5.2.1 Fuentes Móviles en Ruta.** Las fuentes móviles en ruta incluyen cualquier fuente que normalmente transite en carreteras. Esto incluye autos de pasajeros, camiones, buses, motocicletas y vehículos de tres ruedas. Las emisiones en ruta son típicamente la mayor fuente de emisiones en un área urbana. Estas emisiones son difíciles de calcular debido al gran número y diversidad de vehículos involucrados y al impacto que tienen los patrones de conducción en las emisiones.

**5.2.2 Fuentes Móviles fuera de Ruta.** Las fuentes móviles fuera de ruta son la clasificación de fuentes que ha tenido más atención recientemente. Esta clasificación de fuentes incluye aviones, equipamiento de construcción, barcos y trenes.

**5.2.3 Fuentes Puntuales.** Las fuentes puntuales se definen como fuentes de emisión no móviles que son lo suficientemente grandes para ser registradas de forma individual en un inventario de emisiones. Cuando se hace referencia a una “fuente puntual”, se refiere a la totalidad de sitios contiguos ocupados por la instalación incluyendo todos los puntos de emisión que se den en ese sitio.

**5.2.4 Fuentes de Área (Fuentes Estacionarias de Área).** Las fuentes estacionarias de área son aquellas fuentes que no se mueven, pero son demasiado pequeñas o muy dispersas para ser clasificadas como una fuente puntual. Un ejemplo podrían ser los calentadores residenciales de agua o calles no pavimentadas.

**5.2.5 Fuentes Naturales (Biogénicas).** Existen varias fuentes de emisión naturales, incluyendo el polvo soplado por el viento, partículas provenientes de incendios silvestres, dióxido de nitrógeno proveniente de tormentas eléctricas, amoníaco e hidrocarburos provenientes de la descomposición de materia orgánica e hidrocarburos provenientes de plantas vivas. Puesto que estas emisiones son normalmente incontrolables, no son tratadas como parte de un inventario de emisiones “antropogénicas” (es decir, causadas por el hombre). Sin embargo, ellos sí contribuyen al problema de la contaminación del aire y deben ser consideradas en cualquier análisis del problema de contaminación del aire en una región<sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup>LENTS, James, *et al.* Handbook of air quality management [en línea]. [consultado 04 de agosto de 2011]. Disponible en internet: <http://www.aqbook.org/read/?page=401&action=next&language=Spanish>.



**5.2.6 Emisiones antrópicas.** Las primordiales fuentes de contaminación atmosférica de origen antropogénico son las chimeneas de las instalaciones de combustión para generación de calor y energía eléctrica, los tubos de escape de los vehículos automóviles y los de procesos industriales.

**5.2.6.1 Contaminantes emitidos por fuentes móviles.** En los últimos años se ha incrementado el uso de los vehículos en las ciudades, de tal manera que contribuyen a incrementar los problemas de contaminación atmosférica como consecuencia de las emisiones contaminantes que son expulsadas por los tubos de escape. Los principales contaminantes emitidos por las fuentes móviles son: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), hidrocarburos no quemados (HC), y compuestos de plomo.

Los principales contaminantes emitidos por los vehículos que utilizan motores de ciclo diesel son partículas sólidas en forma de hollín que da lugar a los humos negros, hidrocarburos no quemados, óxidos de nitrógeno y anhídrido sulfuroso procedente del azufre contenido en el combustible.

**5.2.6.2 Calefacciones domésticas.** Las instalaciones de calefacción domésticas son una de las principales fuentes de contaminación atmosférica de las grandes ciudades. Este tipo de fuentes puede contribuir con un 20 a 30% de las emisiones totales a la atmósfera en áreas urbanas.

En el caso del carbón los principales contaminantes producidos son: anhídrido sulfuroso, cenizas volantes, hollines, metales pesados y óxidos de nitrógeno. Cuando el combustible empleado es líquido (gasóleo o gasoil), los principales contaminantes emitidos son: SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, NOx, hidrocarburos volátiles no quemados y partículas carbonosas.

**5.2.6.3 Contaminantes emitidos por la industria.** La contaminación de origen industrial se caracteriza por la gran cantidad de contaminantes producidos en las distintas fases de los procesos industriales y por la variedad de los mismos.

Los tipos de contaminantes producidos por las fuentes industriales dependen fundamentalmente del tipo de proceso de producción empleado, de la tecnología utilizada y de las materias primas usadas. Las actividades industriales que producen contaminantes atmosféricos son muy variadas, pero las principales fuentes están en los procesos productivos utilizados en las industrias básicas. [16]

Dentro de las actividades humanas que más afectan directamente al medio atmosférico, e indirectamente a los demás, como el agua, el suelo, la flora, la fauna o el hombre se pueden citar entre otras:

- Las explotaciones mineras.
- La agricultura.
- El desarrollo industrial.
- Las aglomeraciones humanas
- El transporte (vehículos, automóviles, aeropuertos, ferrocarril y puertos).

**Cuadro 2. Clasificación básica y fuentes de los contaminantes atmosféricos**

FASE	AGENTE	FUENTE
Partículas sólidas o líquidas	metales pesados compuestos minerales compuestos orgánicos naturales  compuestos orgánicos de síntesis  compuestos radiactivos aerosoles	Polvo extraterrestre, industrias. volcanes, erosión eólica  Industrias, combustiones. Combustiones, incineración de residuos, plaguicidas, incendios, industrias, ciudades.  Centrales nucleares, explosiones nucleares, uso de compuestos radiactivos (medicina, investigación). Combustiones, aglomeraciones urbanas.
Compuestos gaseosos	Monóxido de carbono  Anhídrido carbónico  Hidrocarburo y otros compuestos orgánicos  Compuestos del azufre  Compuestos de nitrógeno Derivados halogenados otros	Combustión en vehículos, volcanes, emisión de seres vivos.  Respiración de los seres vivos, combustiones (combustibles fósiles), volcanes, intercambio con agua y suelo. Combustión de vehículos, industria petroquímica, industria química, incineración de residuos, vegetales, bacterias.  Combustibles, combustiones, suelo, industria (abonos), bacterias.  Suelos, vegetales, industria extractivas o de elaboración (flúor, cloro), combustiones (plásticos).

Fuente: El aire que respiramos [en línea]. Educar [consultado 10 de abril de 2010]. Disponible en internet: <http://www.bibliotecasvirtuales.com/biblioteca/Articulos/AbrahamBastidaAguilar/airequerespiramos.asp>

### 5.3 PRINCIPALES TIPOS DE EMISIÓN EN VEHÍCULOS TERRESTRES

Una forma tradicional de clasificar los diferentes tipos de emisiones es la siguiente:

Emisiones por el Tubo de Escape: comúnmente son consideradas las emisiones que resultan del proceso de combustión interna y que son liberadas por el tubo de escape del vehículo. Entre los contaminantes de interés en este tipo de emisiones destacan COV, COx, NOx, SOx, PM, gases tóxicos del aire (benceno, formaldehído, etc.) y las especies reductoras de visibilidad (amoníaco, sulfatos, PM 2.5, etc.) [18]. Las emisiones por el tubo de escape se clasifican en aquellas emitidas mientras el motor ya ha alcanzado su temperatura normal de operación, denominadas “emisiones en caliente (Hot exhaustemissions)”

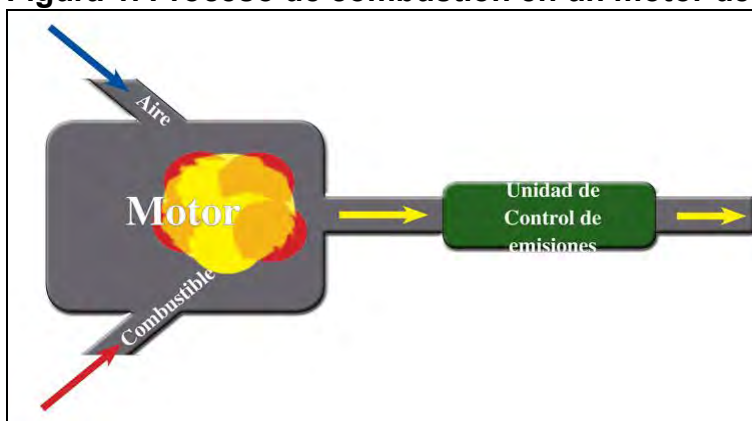
Emisiones Evaporativas: además de las emisiones del tubo de escape, los vehículos terrestres registran una gran variedad de procesos de emisiones evaporativas de COV y que incluyen:

- Emisiones evaporativas del motor caliente: aquellas producto de la volatilización del combustible en el sistema de alimentación después de apagado el motor. El calor residual del motor volatiliza el combustible.
- Emisiones evaporativas de operación: ocasionadas por las fugas de combustible, como líquido o vapor, mientras el motor está en funcionamiento.
- Emisiones evaporativas durante recarga de combustible: son aquellas provenientes del tanque de combustible y que pueden ocurrir mientras el vehículo está en reposo o llenando el tanque.
- Emisiones diurnas: provenientes del tanque de combustible debido a un aumento de temperatura del combustible y su presión de vapor.
- Emisiones evaporativas en reposo: se presentan cuando el motor no está en funcionamiento, debidas principalmente a fugas de combustibles y a la fuga del vapor a través de las líneas de alimentación del combustible.

- Otras emisiones: existen fuentes adicionales de emisiones de material particulado (PM) para los vehículos terrestres. La de mayor magnitud es la de levantamiento de polvo del camino, polvo recogido por las llantas del vehículo y suspendido en el aire por la turbulencia ocasionada por el movimiento. Otras fuentes de PM no originadas en el tubo de escape incluyen el desgaste de llantas y frenos<sup>17</sup>.

**5.3.1 Generación de Emisiones en Vehículos.** Hoy en día todos los vehículos que se encuentran circulando por las vías son potenciados por motores de combustión interna que se alimentan de gasolina, diesel, gas natural, propano o etanol.

**Figura 1. Proceso de combustión en un motor de combustión interna**



Fuente: LENTS, James, et al. Handbook of air quality management [En línea]: <http://www.aqbook.org/read/?page=80&language=Spanish>

En el proceso de combustión en un motor, el aire y el combustible son introducidos al motor y se produce la combustión tal como se muestra en la figura 1.

La expansión de gases producto de la combustión activa el motor, y los gases provenientes del proceso de combustión son liberados, algunas veces a través de un dispositivo de control, como por ejemplo, un catalizador. En efecto, los gases de escape del motor se crean como bioproducto de una reacción química entre el oxígeno del aire y el carbón, hidrógeno, azufre, y otros compuestos oxidables del combustible. Los constituyentes primarios del gas de escape son el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), hidrocarburos no quemados o inalterados (HC),

<sup>17</sup> OSSES ALVARADO, Mauricio. HENRIQUEZ AGUIRRE, Álvaro. Modelo de emisiones vehiculares, MODEM. Universidad de Chile. Santiago de Chile.

material particulado resultante de la combustión parcial de hidrocarburos, y monóxido de carbono (CO).

Dado que el 70% del aire de la tierra es nitrógeno y el combustible por si solo puede contener algo de nitrógeno, existe una cantidad considerable de nitrógeno en la cámara de combustión que se calienta y comprime a medida que se produce el proceso de combustión. Esto lleva a la producción de óxido de nitrógeno (NO), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y otros compuestos derivados del nitrógeno, los cuales son expulsados junto con otros gases.

Uno de los factores más importantes al minimizar las emisiones producidas en un motor alimentado por combustible de tipo gasolina, es mantener la razón aire/combustible cercana a la condición estequiométrica.

Otra forma de decir lo anterior es que por cada molécula de combustible, se necesitan 14,5 moléculas de oxígeno para quemar perfectamente el combustible y producir dióxido de carbono y agua. Sin embargo, el aire no es oxígeno puro. Para entregar 14,5 moléculas de oxígeno utilizando el aire, 54,23 moléculas de nitrógeno también entrarán a la cámara de combustión ya que el aire contiene aproximadamente 78% de nitrógeno y sólo un 21% de oxígeno. Esto significa que, en este ejemplo, 68.73 moléculas de aire entrarán a la cámara de combustión por cada molécula de combustible.

La razón entre aire y combustible comparada con la cantidad estequiométrica se denomina el “Lambda” de la mezcla en la mayoría de las discusiones de combustión en motores. Si la mezcla tiene mayor cantidad de combustible que de oxígeno en comparación a la mezcla estequiométrica, entonces el lambda del motor es menor que uno y se dice que el motor está funcionando con una mezcla “rica”. Por otra parte, si al ser comparado con la mezcla estequiométrica tiene más aire en relación al combustible, entonces el lambda del motor será mayor que uno y se dice que el motor está funcionando con una mezcla “pobre”<sup>18</sup>.

## 5.4 FACTORES DE EMISIÓN

Un factor de emisión es una relación entre la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera y una unidad de actividad. En general, se pueden clasificar en dos

---

<sup>18</sup> LENTS, James, et al. Handbook of air quality management.[en línea]. [consultado 10 de agosto de 2011]. Disponible en internet: <http://www.aqbook.org/>

tipos: los basados en procesos y los basados en censos. Por lo general, los primeros se utilizan para estimar emisiones de fuentes puntuales y a menudo se combinan con los datos de actividad recopilados en encuestas o en balances de materiales. Por otro lado, los factores de emisión basados en censos se usan generalmente para estimar emisiones de fuentes de área<sup>19</sup>. En el caso de fuentes móviles, los factores de emisión se definen en términos de gramos por kilómetro de trabajo del vehículo. Las emisiones provenientes de un vehículo pueden ser estimadas multiplicando el factor de emisión en gramos por kilómetro por los kilómetros en las que el vehículo será operado.

Los factores de emisión son herramientas que permiten estimar la cantidad de emisiones de un determinado contaminante, generada por la fuente en estudio. Varían no solamente de acuerdo con el tipo de combustible sino con la actividad en la que se aplique su proceso de combustión (generación de energía, procesos industriales, aplicaciones residenciales) y la tecnología utilizada para tal fin (calderas, hornos, estufas). Existen factores de emisión por combustible, proceso y tecnología, se expresan como el peso de contaminante emitido por unidad de peso, volumen, energía o actividad, dependiendo del nivel escogido<sup>20</sup>.

La naturaleza de los factores de emisión requiere manejar muchas categorías vehiculares distintas de acuerdo a la tecnología vehicular y el combustible utilizado, a ello se suma subcategorías de acuerdo al uso del vehículo.

## **5.5 INVENTARIO DE EMISIONES**

Para clasificar y tener un registro detallado de cada uno de estos contaminantes, es necesario tener un inventario de emisiones que sirva como base y referencia de las emisiones vehiculares. Un inventario de emisiones es un listado actualizado y amplio de las emisiones de contaminantes atmosféricos, de un área geográfica específica durante un intervalo de tiempo determinado (EPA 1999)<sup>21</sup>.

---

<sup>19</sup> Estimación de emisiones mediante factores de emisión. Capítulo 10. [en línea]. México: Instituto Nacional de Ecología [consultado 21 de julio de 2011]. Disponible en internet: <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/457/estimacion3.pdf>

<sup>20</sup> Factores de emisión de los combustibles colombianos. Academia colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales. Bogotá. Julio 2003

<sup>21</sup> BARNETCHE, Marcelo. Sistema De Inventario De Emisiones Atmosféricas [en línea]. Argentina: Consejo Empresario Argentino para el Desarrollo Sostenible [consultado el 23 de agosto 2011] Disponible en internet: <http://www.ceads.org.ar/casos/2006/Petrobras%20-%20Jornadas%20IAPG.pdf>

Así mismo un inventario de emisiones es el elemento base para desarrollar un programa de calidad del aire consistente y con posibilidades de establecer estrategias de reducción pertinentes, equitativas y eficaces de las emisiones producidas por la industria, el comercio, el parque automotor y las actividades agropecuarias.

Adicionalmente, brinda a los responsables de la planificación en materia de calidad del aire, y también a investigadores, una herramienta imprescindible para la evaluación y gestión de la calidad del aire que proporciona información sobre todas las fuentes de emisión, y define la ubicación, magnitud, frecuencia, duración y contribución relativa de estas emisiones; permite identificar las fuentes en las cuales deben aplicarse medidas de control; permite realizar análisis de costo-efectividad de las medidas de control y evaluar los programas de mejoramiento de la calidad del aire.

Son muchas las aplicaciones que pueden darse a los inventarios, como por ejemplo, el aporte de datos para los procesos de modelación de la calidad del aire o para las técnicas de estimación objetiva de la calidad del aire. Además, resultan imprescindibles en el seguimiento del grado de cumplimiento de los fines perseguidos, tanto en proyectos de nivel global, como los referidos a fenómenos tales como la lucha contra el cambio climático, o en programas de índole local, que se plasman en los distintos planes de gestión de la calidad ambiental<sup>22</sup>.

Para facilitar la composición de los inventarios de emisiones vehiculares, se utilizan modelos computacionales, éstos toman como datos de insumo las características de la flota vehicular, el nivel de actividad y otros factores, ya sea para determinar los factores de emisión o directamente la emisión de cada contaminante correspondiente a las condiciones de actividad y flota. La mayoría de los modelos pueden generar directamente el valor total del inventario de emisiones; sin embargo, existen también modelos que generan como salida factores de emisión<sup>23</sup>. A continuación se describen algunos modelos comúnmente utilizados para la elaboración de un inventario de emisiones.

---

<sup>22</sup> United States Environmental Protection Agency. [en línea]. Washington: Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos [consultado 11 de noviembre 2011]. Disponible en internet: <<http://www.epa.gov/ttn/catc/dir1/curso.pdf>>

<sup>23</sup> Guía metodológica para la estimación de emisiones vehiculares [en línea]. México: Instituto Nacional de Ecología [consultado octubre 23 2011]. Disponible en internet: <[www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/618/modelos.pdf](http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/618/modelos.pdf)>

**5.5.1 Modelo Mobile.** El modelo MOBILE de la EPA de los Estados Unidos es un programa de cómputo integrado por rutinas elaboradas en lenguaje de programación Fortran y es utilizado para el cálculo de factores de emisión para vehículos automotores de gasolina y diesel, así como para ciertos vehículos especializados, tal como los vehículos a gas natural. El programa ha ido evolucionando y su versión actual (MOBILE6.2) proporciona una herramienta analítica flexible que puede aplicarse a una variedad amplia de condiciones geográficas y de características de la flota vehicular. Es importante mencionar que existe una versión denominada MOBILE6-MEXICO que fue adaptada y modificada a las características tecnológicas de la flota vehicular del país.

Características:

- Se aplica principalmente en países donde predominan los vehículos con tecnología norteamericana.
- Calcula factores de emisión para 28 categorías vehiculares, las cuales son conformadas con base en criterios tales como uso del vehículo, tipo de combustible empleado, peso bruto vehicular y tecnología del motor.

Desventajas:

- MOBILE6 no incluye, dentro de sus categorías vehiculares, vehículos fabricados de acuerdo con normas de otros países como Japón o la comunidad Europea, sino sólo vehículos construidos bajo estándares estadounidenses.

**5.5.2 Modelo IVE.** El modelo internacional de emisiones vehiculares (IVE) es un programa en lenguaje JAVA que permite la estimación de las emisiones de contaminantes criterio, contaminantes tóxicos y gases de efecto invernadero provenientes de vehículos automotores que circulan por carretera, considerando tanto las emisiones provenientes del tubo de escape como las evaporativas.

Este incorpora la medición de patrones de manejo, lo cual permite corregir las emisiones por los hábitos de manejo locales. IVE fue desarrollado por la Universidad de California en Riverside, el Colegio de Ingeniería del Centro para la Investigación Ambiental y Tecnología, el Centro Internacional de Investigación en Sistemas Sustentables y la empresa Investigación en sistemas globales



sustentables, con fondos de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

El concepto de desarrollo del modelo IVE fue el de proveer a países en vías de desarrollo de una herramienta de estimación rápida del inventario de emisiones de vehículos en circulación, con el que además las autoridades pudieran evaluar estrategias de control y planeación de transporte.

Características:

- IVE ha sido utilizado para generar inventarios de emisiones vehiculares en ciudades como Buenos Aires (Argentina), Bogotá (Colombia), Pune (India), Sao Paulo (Brasil), Lima (Perú), Santiago (Chile), Nairobi (Kenia), Almaty (Kazakhstan), Estambul (Turquía) y Los Ángeles (Estados Unidos).
- Contempla un total de 7 categorías vehiculares, 1372 tecnologías predefinidas y 45 tecnologías adicionales no definidas.

Desventajas:

- Los insumos requeridos por IVE son programa de inspección y mantenimiento, uso del aire acondicionado, número de arranques, información sobre características del diesel y gasolina, altitud sobre el nivel del mar, distribución de la flota vehicular por tecnología<sup>24</sup>.

**5.5.3 Metodología CORINAIR.** CORINAIR se consolidó en 1990 junto a la EMEP como el programa más utilizado para la Prevención y Control de Contaminación transfronteriza. El programa fusionado EMEP/CORINAIR se armonizó con el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPPC), resultando una nomenclatura de actividades y contaminantes comprensiva, llamada SNAP.

---

<sup>24</sup>Guía metodológica para la estimación de emisiones vehiculares [En línea]. México: Instituto Nacional de Ecología [Consultado octubre 23 2011]. Disponible en internet: <[www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/618/reporte.pdf](http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/618/reporte.pdf)>

De acuerdo con la metodología CORINAIR, se distinguen dos categorías básicas de fuentes emisoras: las *puntuales* y las *superficiales*. Existe un tercer tipo de categoría, las fuentes *lineales*. Esta clasificación es habitual en los inventarios referidos a grandes espacios geográficos en los cuales la escala espacial es reducida, por lo tanto las vías de tráfico (carretera, ferrocarril, etc.), y otros elementos se configuran como arcos (pequeñas líneas) en un sistema de información geográfica, y que por tanto constituyen estrictamente fuentes lineales.

Las fuentes superficiales se componen en general de diversas unidades emisoras que por su reducida significación individual o por la forma en que se presenta su información de base (desglose por unidades territoriales, básicamente secciones censales) han de tratarse de forma agregada sobre una determinada área geográfica, en este caso una celda de la malla. Estas fuentes superficiales se intersecan con las celdas de la malla con el objeto de asignarles la parte proporcional de las emisiones estimadas para aquellas fuentes superficiales. Se han tratado así las unidades menores de la combustión en el sector residencial, comercial e institucional, plantas industriales cuya información provenía de estadísticas sectoriales, actividades del sector primario y superficie forestal y de parques y jardines<sup>25</sup>.

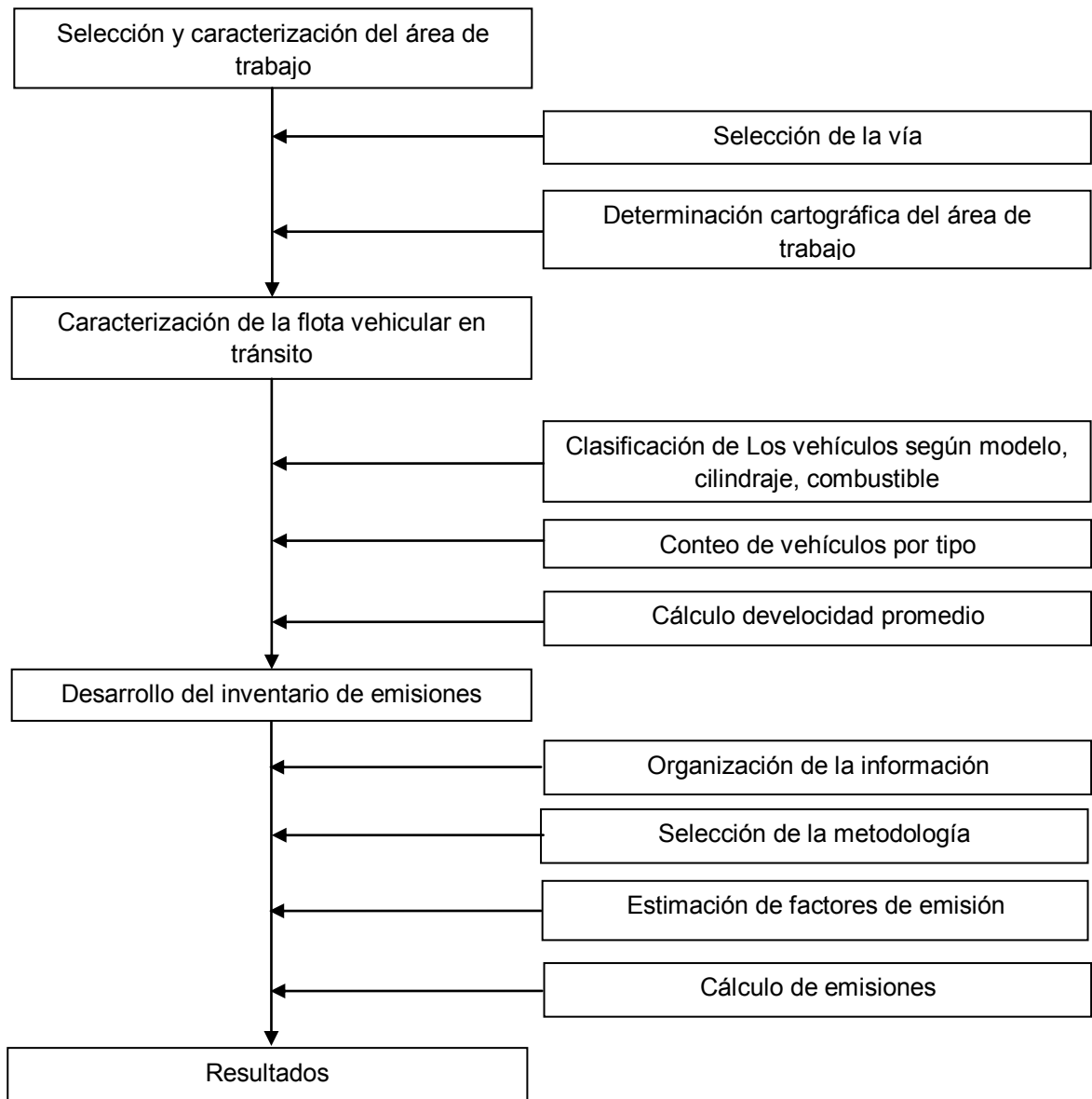
---

<sup>25</sup> Calidad del Aire [en línea]. Madrid: Calidad del Aire [consultado el 21 de agosto 2011]. Disponible en Internet: [www.mambiente.munimadrid.es/.../resumen\\_inventario\\_de\\_emisiones\\_20](http://www.mambiente.munimadrid.es/.../resumen_inventario_de_emisiones_20).

## 6. METODOLOGÍA

La metodología aplicada en el desarrollo del proyecto se ilustra en la figura 2. Ella responde a las necesidades, objetivos propuestos y a la información disponible para el efecto.

**Figura 2. Metodología utilizada para el cálculo de emisiones de fuentes móviles**



Una síntesis de cada una de las etapas desarrolladas se presenta a continuación.

## 6.1 TIPO DE ESTUDIO

El presente trabajo es de tipo Longitudinal porque se compara datos obtenidos en diferentes oportunidades y momentos (horas del día) del flujo vehicular frente a la Universidad Autónoma de Occidente para luego evaluar los cambios que se presentaban dependiendo de la hora.

## 6.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

En la presente investigación se utilizó Los métodos de observación, análisis y la síntesis.

El método de observación se utilizó pues en un día determinado se realizó la observación directa donde se midió y se calculo las emisiones de CO, NOx, COV y PM10. También se contabilizó y clasificó los vehículos en categorías, según registro filmico.

El método de análisis se usa para procesar la información recolectada a través de las encuestas realizadas a los conductores de los vehículos que circulan al frente de la Universidad Autónoma de Occidente y las teorías de factores de emisiones de contaminantes, inventario de emisiones y modelos CORINAIR, MOBILE E IVE; después por medio del método de la síntesis se obtuvo las conclusiones y se pudo determinar cuál es el mayor emisor de contaminación atmosférica en la zona de estudio.

## 6.3 FUENTES DE INFORMACIÓN

En la elaboración del presente proyecto se utilizan fuentes de primera y segunda mano para la obtención de la información:

**6.3.1 Fuentes primarias.** En la elaboración del presente proyecto las fuentes primarias fueron:

- Conductores de los automóviles que circulan al frente de la Universidad Autónoma de Occidente de la ciudad de Cali.
- Registros filmicos del flujo vehicular en la vía de estudio.

**6.3.2 Fuentes secundarias.** Se consultaron libros, documentos electrónicos, páginas y artículos de Internet que se relacionan en la bibliografía.

## **6.4 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

Para la recolección de información a las fuentes se utilizaron los instrumentos como la encuesta y salida de campo. Durante la salida de campo, realizada en abril - junio 2010 en la ciudad de Cali, se obtuvo un contacto con los conductores de los automóviles que circulan al frente de la Universidad Autónoma de Occidente.

## **6.5 SELECCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO: DETERMINACIÓN, ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DEL ESCENARIO FÍSICO**

En esta etapa se adquirió información climatológica y geográfica, usando bases de datos, material bibliográfico como libros, revistas, videos, para sacar información sobre el clima y geografía de la zona a realizar el estudio, obteniendo así, la caracterización del terreno y los planos.

**6.5.1 Selección de la vía.** Ya que la única vía aledaña, con intenso flujo vehicular, a los predios de la Universidad es la carretera Panamericana, la selección de la vía de estudio resultó simple, pues no se tenían otras alternativas para el estudio. La selección final determinó como tramo de estudio el ubicado al frente de la universidad autónoma Calle 25 # 115 - 85 Km 2 Vía Cali – Jamundí, en una longitud de 1000 m. Esta vía se caracteriza por tener doble calzada para el flujo de vehículos en sentido norte – sur y sur – norte, es una vía rápida donde no se encuentran semáforos ni intersecciones lo cual hace que el flujo sea continuo, adicional a esto se analiza la bahía de la institución donde se estacionan automóviles, taxis, buses, busetas y el sistema masivo de transporte para el acopio de pasajeros, véase figura 3.

**6.5.2 Determinación cartográfica del área de trabajo.** Es importante conocer las características geográficas del escenario, para ello se consultó el portal oficial alcaldía de Santiago de Cali<sup>26</sup>, donde se recopilaron datos de posición geográfica y datos generales mostrados en los cuadros 5 y 6.

---

<sup>26</sup>Alcaldía de Santiago de Cali. [en línea]. Santiago de Cali: alcaldía de Santiago de Cali [consultado 25 de julio de 2011]. Disponible en internet: <<http://www.cali.gov.co/>>

### Cuadro 3. Posición Geográfica de Santiago de Cali

POSICIÓN GEOGRÁFICA	
Latitud	Al norte: Cerro de Tatama 5° 00' 30". Al Sur La Balsa: 3° 05' 35"
Longitud	Al Este. Páramo de Barragán. 75° 41' 32", Al oeste Bocas del Naya 77° 00' 33"
Altitud	Farallones de Cali: 4.080 m Sobre el nivel del Mar.

Fuente: portal oficial alcaldía de Santiago de Cali

### Cuadro 4. Datos Generales Santiago de Cali

DATOS GENERALES	
Altitud	995 m s.n.m
Clima	23 °C
Extensión Municipal	564 km <sup>2</sup>

Fuente: portal oficial alcaldía de Santiago de Cali

El escenario físico de estudio fue seleccionado según la necesidad y el objetivo que se planteó, por otro lado este espacio de análisis es de gran influencia para las emisiones, ya que es una vía de gran flujo vehicular que logra comunicar a Cali con varios lugares vecinos. En las Figuras 3 y 4 se muestran el espacio físico de estudio desde diferentes ángulos.

### Figura 3. Aspecto cotidiano de la vía panamericana en el tramo de estudio



La Universidad Autónoma de Occidente se encuentra ubicada en el sur de Cali, en una vía de gran afluencia vehicular. Por esta zona transitan todo tipo de vehículos como taxis, camperos, buses y camiones de carga liviana y pesada ya que es una ruta de comunicación entre las ciudades y pueblos cercanos.

**Figura 4. Delimitación del área de estudio frente a la UAO**



Fuente: Google Earth. Plano de la universidad autónoma de occidente. Escala 1: 30.000. Santiago de Cali: Digitalglobe, 2011.

## **6.6 CARACTERIZACIÓN DE LA FLOTA VEHICULAR EN TRÁNSITO POR LA VÍA DE INTERÉS**

Para el cumplimiento de esta etapa y obtener una caracterización de las fuentes móviles que circulan por la vía Cali – Jamundí a la altura de la universidad, se realizó un estudio de los vehículos, en el cual se analizaron particularidades como tipo de vehículo, año de fabricación, cantidad de kilómetros recorridos, combustible utilizado, capacidad del motor (cc), estado de convertidor catalítico, entre otros aspectos para lograr establecer las características del parque automotor, todo esto se obtuvo a través de las encuestas aplicadas.

Es importante categorizar los vehículos para la estimación de emisiones puesto que estos factores hacen que los cálculos sean más razonables. Se puede plasmar como ejemplo que para la edad de los vehículos, entre más años de fabricación posea, la contaminación emitida es mayor. Otro aspecto importante es el tipo de combustible utilizado por los vehículos, ya que cada combustible libera contaminación atmosférica de composición química ligeramente distinta<sup>27</sup>.

---

<sup>27</sup>Environmental science published for everybody round the earth [en línea]. [consultado 05 de agosto de 2011]. Disponible en internet: [http://www.atmosphere.mpg.de/enid/1\\_\\_Contaminaci\\_n\\_atmosf\\_rica/\\_Quema\\_de\\_combustibles\\_3yj.html](http://www.atmosphere.mpg.de/enid/1__Contaminaci_n_atmosf_rica/_Quema_de_combustibles_3yj.html)

Para obtener las características de conducción se aplicaron en el período abril – junio de 2010, 551 encuestas a conductores de vehículos en tránsito por las zonas aledañas a la universidad; los sitios de muestreo fueron los parqueaderos de la universidad autónoma de occidente, la vía Cali – Jamundí de norte- sur, sur- norte y la bahía de la universidad ubicada en la Calle 25 # 115 - 85 Km 2 Vía Cali – Jamundí. Los resultados de la encuesta sirvieron como medio de caracterización de la flota. Las encuestas fueron realizadas con la colaboración de estudiantes de la universidad autónoma de occidente que ofrecieron su ayuda al desarrollo de estas.

La encuesta utilizada para la ejecución de esta fase para caracterizar el tráfico vehicular se muestra en el anexo 2.

**6.6.1 Clasificación de los vehículos.** En esta etapa se obtuvo información del flujo vehicular, realizando filmaciones diarias que permitieron mediante conteo mecánico, determinar la cantidad de vehículos, el tipo (automóvil, moto, bus, buseta, entre otros) en tránsito por las vías cercanas a la universidad. Esta información es una variable importante para obtener resultados del flujo vehicular.

Las filmaciones fueron realizadas en la vía Cali – Jamundí, obteniendo el flujo vehicular hora a hora desde las 00:00 hasta las 24:00, la cámara marca D-LINK y referencia DCS-2121 fue ubicada en el segundo piso de la facultad de Ingeniería, con vista hacia la bahía vehicular, donde se lograra observar la vía de análisis de norte a sur y de sur a norte. Se realizaron filmaciones diarias por 40 días consecutivos que van desde el 21 de septiembre 2010 hasta el 31 de octubre 2010 donde la cámara estuvo en monitoreo constante. En la figura 5 se ilustra el tipo de imagen captado por la filmadora en dirección hacia la bahía vehicular, justo a la entrada peatonal principal de acceso a la Universidad.



**Figura 5. Zona de análisis para la estimación de emisiones vehiculares**



Para el procesamiento de los datos que consistió en el conteo de vehículos hora a hora, la clasificación según automóvil, bus, buseta, camión, entre otros, se contó con la colaboración de estudiantes del programa de Ingeniería Ambiental y personal de la Universidad Autónoma de Occidente. Para la estimación de emisiones se tomó un día típico al cual se le realizaron los análisis correspondientes.

**6.6.2 Conteo de vehículos por tipo.** Para realizar el conteo de las fuentes móviles que pasan por la vía Panamericana se diseñó una tabla para la recolección y asignación de los datos en la cual se clasifica por día, por hora y tipo de vehículo; se analizó la vía tanto en sentido sur-norte, como en sentido norte-sur, además de la bahía frente a la Universidad Autónoma de Occidente. Para facilitar el manejo de la información, se utilizó la clasificación y nomenclatura indicada en el cuadro 7 que se ilustra a continuación.

**Cuadro 5. Nomenclatura utilizada en el estudio**

Nomenclatura	Clasificación
T1	VEHÍCULOS DE PASAJEROS (automóviles, taxis)
T2	VEHÍCULOS LIVIANOS (camperos, busetas. < 3,5 toneladas)
T3	VEHÍCULOS PESADOS (camiones, buses. > 3,5 toneladas)
T4	MOTOS

Según la clasificación anterior y teniendo en cuenta el día típico seleccionado, se creó un formato para la consignación de los datos (ver Anexo 3) donde se muestra la cantidad y el tipo de vehículo que transitaron por la vía Panamericana.

La información recopilada en esta etapa sirve como variable para el procesamiento en la metodología a utilizar para el cálculo de las emisiones.

**6.6.3 Cálculo de la velocidad promedio.** Otra variable importante es la velocidad promedio de los vehículos que transitan por la zona de análisis puesto que esta sirve como variable a introducir en las ecuaciones de factor de emisión para cada contaminante. Para el cálculo de esta variable, se realizaron mediciones directas y estimaciones basadas en las filmaciones. Las mediciones directas se tomaron en vehículos en tránsito, registrando la velocidad marcada por el velocímetro del vehículo en diferentes días y horarios (se tomaron 5 días de prueba que corresponden a lunes, martes, miércoles, jueves y viernes ignorando sábados y domingos por ser días atípicos) para posteriormente evaluar y calcular las velocidades medias que servirían para la determinación de las emisiones.

La estimación de velocidades usando la información de las grabaciones, se realizó tomando una longitud de vía (50 m) y estimando el tiempo de recorrido de unidades seleccionadas en la filmación. Para la asignación de velocidades se utilizó cuadros donde se establecen los tiempos según la categoría del vehículo para cada hora del día (Ver anexo 4 y 5), teniendo en cuenta la ecuación  $V = d/t$ , donde V= velocidad, d= distancia, t= tiempo.

## **6.7 DESARROLLO DEL INVENTARIO DE EMISIONES**

La metodología CORINAIR CORE INVENTORY OF AIR EMISSIONS (Inventario de las principales emisiones a la atmósfera), es un proyecto realizado desde 1995 por el Centro Temático Europeo de Emisiones Atmosféricas (European Topic Centre on Air Emissions) bajo contrato de la Agencia Europea de Medio Ambiente.

Para estimar las emisiones se utilizó esta metodología (CORINAIR), la cual da como resultado, la concentración de los contaminantes en el aire, lo cual ayuda a la formación de un inventario de emisiones, que puede ser usado para medir el progreso de estas. Es necesario conocer su manejo y funcionamiento para unos resultados más adecuados.

**6.7.1 Organización de la información.** La determinación de emisiones exigió la organización de la información de acuerdo con modelos propuestos por CORINAIR. Las clasificaciones patrones se muestran en los cuadros 8 a 11, posteriormente se indican las modificaciones propuestas y manejadas en este estudio. Para la clasificación por tipos de vehículos se usó como modelo el cuadro 8 tal como se aprecia a continuación:

**Cuadro 6. Clasificación patrón por tipos de vehículos según CORINAIR**

TIPO DE VEHÍCULO	CATEGORÍA
CARROS DE PASAJEROS	Gasolina < 1,4 L
	Gasolina 1,4 - 2,0 L
	Gasolina > 2,0 L
	Diesel < 2,0 L
	Diesel > 2,0 L
	GLP
	2 tiempos
VEHÍCULOS DE CARGA LIVIANA	Gasolina < 3,5 T
	Diesel < 3,5 T
VEHÍCULOS DE CARGA PESADA	Gasolina > 3,5 T
	Diesel < 7,5 T
	Diesel 7,5 - 16 T
	Diesel 16 - 32 T
	Diesel > 32 T
BUSES	Buses Urbanos
	Coches
MOTOCICLETAS	2 tiempos > 50 cm <sup>3</sup>
	4 tiempos 50 - 250 cm <sup>3</sup>
	4 tiempos 250 - 750 cm <sup>3</sup>
	4 tiempos > 750 cm <sup>3</sup>

Fuente: EMEP/CORINAIR 2006

Con fines prácticos para ajustarse al tipo de vehículos en ruta, se hicieron modificaciones a la propuesta anterior para lo cual se optó por trabajar con la distribución indicada en el Cuadro 9.

**Cuadro 7. Clasificación patrón por tipos de vehículos usada en este estudio**

TIPO DE VEHÍCULO	CLASIFICACIÓN	CATEGORÍA
CARROS DE PASAJEROS	Automóviles, Taxis, camperos.	Gasolina < 1,4 L
		Gasolina 1,4 - 2,0 L

**Cuadro 9. (Continuación)**

TIPO DE VEHÍCULO	CLASIFICACIÓN	CATEGORÍA
		Gasolina > 2,0 L
		Diesel < 2,0 L
		Diesel > 2,0 L
VEHÍCULOS DE CARGA LIVIANA	Busetas	Gasolina
		Diesel
VEHÍCULOS DE CARGA PESADA	Camiones	Gasolina > 3,5 T
		Diesel > 3,5 T
BUSES		Buses Urbanos
MOTOCICLETAS	Motos	2 tiempos > 50 cm <sup>3</sup>

Para la clasificación del modelo del vehículo, EMEP/CORINAIR utiliza la siguiente distribución mostrada en el Cuadro 10.

**Cuadro 8. Clasificación del modelo vehicular según la metodología CORINAIR**

REFERENCIA	MODELO
pre ECE	menores a 1971
ECE 15 00 & 01	1972 a 1977
ECE 15 02	1978 a 1980
ECE 15 03	1981 a 1985
ECE 15 04	1985 a 1992

Fuente: EMEP/CORINAIR 2006

Para propósitos prácticos se decidió trabajar con la distribución mostrada en el Cuadro 11.

**Cuadro 9. Clasificación del modelo vehicular usado en este estudio**

REFERENCIA	MODELO
pre ECE	menores a 1970
ECE 15 00 & 01	1970 a 1978
ECE 15 02 & 03	1979 a 1985
ECE 15 04	mayores a 1985

En la metodología CORINAIR, otro aspecto importante de análisis es el cilindraje del motor de los vehículos, para lo cual en este estudio se tomó la clasificación establecida a continuación basada en la metodología.

Vehículos < 1,4 L  
Vehículos 1,4 - 2,0 L  
Vehículos > 2,0 L

Teniendo en cuenta las recomendaciones para estudios de tránsito y transporte, se seleccionó el día martes 28 de septiembre de 2010 como día típico para generar el cálculo de emisiones. La selección de este día obedece a hipótesis que sustentan que los días lunes, viernes, sábados, domingos y festivos son días atípicos ya que las actividades diarias se ven afectadas por lo tanto el flujo vehicular es distinto.

**6.7.2 Selección de la metodología.** La ciudad de Cali, no cuenta con factores de emisión propios para su flota vehicular. La revisión de la literatura no muestra para el territorio nacional, fuentes de información relacionadas con factores de emisión propios de las características de las flotas vehiculares del país. Tal vez la mayor aproximación corresponda al estudio “ESTIMACIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN DE LAS FUENTES MÓVILES DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ” (Manzi et al, 2003) para la ciudad de Bogotá, pero las características de conducción y la configuración de calle son diferentes a las de este estudio, es significativo aclarar que el tipo de vía no es importante para establecer los factores de emisión, pero esta sí influye en las velocidades de los vehículos.

Otra propuesta que se tuvo en cuenta fue el MOBILE planteada por la EPA, pero al analizarla y estudiar las características y desventajas mencionadas en el capítulo 7 numeral 5, se encontró que las tecnologías no se adaptaban a las utilizadas en la región del Valle del Cauca. En un principio se optó por utilizar el modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE) pero al ser necesaria información como el sistema de alimentación del combustible, sistemas de control de emisiones por escape, uso del aire acondicionado, número de arranques, distribución de la flota vehicular por tecnologías e información detallada del parque automotor que no se tiene disponible, se eligió la metodología CORINAIR como método para la aplicación de los factores de emisión, esta desarrolla tecnologías más similares y adaptables a este caso. La selección de los factores de emisión se realizó a partir de la información proveniente de estudios realizados con la metodología CORINAIR y según los siguientes parámetros:

- Tipo de vehículo: vehículo de pasajeros, vehículos de carga liviana, vehículos de carga pesada.
- Tipo de combustible: Gasolina o diesel.
- Modelo del vehículo: año de fabricación del vehículo.

- Capacidad del motor: relacionado con la capacidad del motor en cilindraje.
- Tipo de vía: hace referencia a la velocidad de movimiento de los vehículos.

A continuación se presenta el cuadro 12 que muestra los insumos requeridos para cada modelo de inventario de emisiones.

**Cuadro 10. Insumos requeridos para cada modelo y su disponibilidad.**

<b>MOBILE</b>	<b>Disponible</b>	<b>No Disponible</b>
Uso del vehículo		<b>X</b>
Tipo de combustible	<b>X</b>	
Peso bruto vehicular		<b>X</b>
Tecnología del motor		<b>X</b>
Tiempo de reposo del vehículo		<b>X</b>
Número de arranques por día		<b>X</b>
<b>IVE</b>	<b>Disponible</b>	<b>No Disponible</b>
Uso del aire acondicionado		<b>X</b>
Distribución de la flota vehicular	<b>X</b>	
Distribución de potencia específica vehicular		<b>X</b>
Programa de inspección y mantenimiento		<b>X</b>
Número de arranques		<b>X</b>
Humedad relativa	<b>X</b>	
<b>CORINAIR</b>		
Tipo de vehículo	<b>X</b>	
Tipo de combustible	<b>X</b>	
Modelo del vehículo	<b>X</b>	
Capacidad del motor	<b>X</b>	
Tipo de vía	<b>X</b>	

Estos parámetros mencionados, eran de fácil recopilación en esta área de estudio, los cuales se obtuvieron a partir de procesamiento de encuestas, filmaciones e información adquirida por el ministerio de transporte para la ciudad de Cali. Más adelante se muestran los factores de emisión que se requieren determinar para los contaminantes de estudio.

**6.7.3 Estimación de los factores de emisión.** Con respecto al factor de emisión, se detalla a continuación como con la metodología CORINAIR se establecieron las emisiones del tubo de escape de los vehículos que transitan por la vía panamericana según el contaminante de estudio. En este proceso se manejaron los cuadros 12 a 21, los cuales muestran las ecuaciones utilizadas, estas

consideran el tipo de contaminante de análisis, la velocidad de tránsito, el modelo y la categoría vehicular.

**Cuadro 11. Factor de emisión CO para vehículos de pasajeros a gasolina**

Modelo vehicular	Capacidad	Rango de velocidad [km/h]	Factor de emisión CO [g/km]
pre ECE	todas las capacidades	10-100	$281V^{-0.630}$
	todas las capacidades	100-130	$0.112V + 4.32$
ECE 15 00 & 01	todas las capacidades	10-50	$313V^{-0.760}$
	todas las capacidades	50-130	$27.22 - 0.406V + 0.0032V^2$
ECE 15 02	todas las capacidades	10-60	$300V^{-0.797}$
	todas las capacidades	60-130	$26.260 - 0.440V + 0.0026V^2$
ECE 15 03	todas las capacidades	10-20	$161.36 - 45.62\ln(V)$
	todas las capacidades	20-130	$37.92 - 0.680V + 0.00377V^2$
ECE 15 04	todas las capacidades	10-60	$260.788V^{-0.910}$
	todas las capacidades	60-130	$14.653 - 0.220V + 0.001163V^2$

Fuente: EMEP/CORINAIR 2006

**Cuadro 12. Factor de emisión COV para vehículos de pasajeros a gasolina**

Modelo vehicular	Capacidad	Rango de velocidad [km/h]	Factor de emisión COV [g/km]
pre ECE	todas las capacidades	10-100	$30.34V^{-0.693}$
	todas las capacidades	100-130	1.247
ECE 15 00 & 01	todas las capacidades	10-50	$24.99V^{-0.704}$
	todas las capacidades	50-130	$4.85V^{-0.318}$
ECE 15 02 & 03	todas las capacidades	10-60	$25.75V^{-0.714}$
	todas las capacidades	60-130	$1.95 - 0.019V + 0.00009V^2$
ECE 15 04	todas las capacidades	10-60	$19.079V^{-0.693}$
	todas las capacidades	60-130	$2.608 - 0.037V + 0.000179V^2$

Fuente: EMEP/CORINAIR 2006

**Cuadro 13. Factor de emisión PM10 vehículos a gasolina**

Modelo vehicular	Capacidad	Factor de emisión [g/km]
pre ECE	CC < 1.41	0.04
	1.41 < CC < 2.01	0.06
	CC > 2.01	0.08
ECE 15 00 &	CC < 1.41	0.04

**Cuadro 15. (Continuación)**

Modelo vehicular	Capacidad	Factor de emisión [g/km]
01	1.41<CC<2.01	0.06
	CC>2.01	0.08
ECE 15 02 & 03	CC< 1.41	0.04
	1.41<CC<2.01	0.06
	CC>2.01	0.08
ECE 15 04	CC< 1.41	0.04
	1.41<CC<2.01	0.06
	CC>2.01	0.08

Fuente: Modelo de inventario de emisiones. Grupo de investigaciones ambientales – línea de estudios atmosféricos. Universidad pontificia bolivariana. 2008.

En el estudio realizado por el grupo de investigaciones ambientales-línea de estudios atmosféricos, plantean el cuadro 14 donde se muestra los factores de emisión para material particulado, aunque allí se defina como Tsp hacen referencia a PM10.

**Cuadro 14. Factor de emisión de NOx para vehículos de pasajeros a gasolina**

Modelo vehicular	Capacidad	Rango de velocidad [km/h]	Factor de emisión NOx [g/km]
pre ECE ECE 15 00 & 01	CC< 1.41	10-130	$1.173 + 0.0225V - 0.00014V^2$
	1.41<CC<2.01	10-130	$1.360 + 0.0217V - 0.00004V^2$
	CC>2.01	10-130	$1.5 + 0.03V + 0.0001V^2$
ECE 15 02	CC< 1.41	10-130	$1.479 - 0.0037V + 0.00018V^2$
	1.41<CC<2.01	10-130	$1.633 - 0.0038V + 0.00020V^2$
	CC>2.01	10-130	$1.87 - 0.0039V + 0.00022V^2$
ECE 15 03	CC< 1.41	10-130	$1.616 - 0.0084V + 0.00025V^2$
	1.41<CC<2.01	10-130	$1.29e^{0.0099V}$
	CC>2.01	10-130	$2.784 - 0.0112V + 0.000294V^2$
ECE 15 04	CC< 1.41	10-130	$1.432 + 0.003V + 0.000097V^2$
	1.41<CC<2.01	10-130	$1.484 + 0.013V + 0.000074V^2$
	CC>2.01	10-130	$2.427 - 0.014V + 0.000266V^2$

Fuente: EMEP/CORINAIR 2006



**Cuadro 15. Factor de emisión para vehículos de pasajeros diesel**

Contaminante	Capacidad	Rango de velocidad [km/h]	Factor de emisión [g/km]
CO	Todas las capacidades	10-130	$5.41301V^{-0.574}$
NOx	CC<2.01	10-130	$0.918 - 0.014V + 0.000101V^2$
	CC>2.01	10-130	$1.331 - 0.018V + 0.000133V^2$
VOC	Todas las capacidades	10-130	$4.61V^{-0.937}$
PM10	Todas las capacidades	10-130	$0.45 - 0.0086V + 0.000058V^2$

Fuente: EMEP/CORINAIR 2006

Es importante tener en cuenta que la clasificación **conventional** que se plantea en las siguientes tablas, corresponde al conjunto de modelo vehicular pre ECE, ECE 15 00 & 01, ECE 15 02 & 03, ECE 15 04.

**Cuadro 16. Factor de emisión para vehículos livianos a Gasolina**

Contaminante	Capacidad	Rango de velocidad [km/h]	Factor de emisión [g/km]
CO	Conventional	10-110	$0.01104V^2 - 1.5132V + 57.789$
	EURO I	10-120	$0.0037V^2 - 0.5215V + 19.127$
NOx	Conventional	10-110	$0.0179V + 1.9547$
	EURO I	10-120	$7.55E-05V^2 - 0.009V + 0.666$
VOC	Conventional	10-110	$67.7E-05V^2 - 0.117V + 5.4734$
	EURO I	10-120	$5.77E-05V^2 - 0.01047V + 0.5462$

Fuente: EMEP/CORINAIR 2006

**Cuadro 17. Factor de emisión para vehículos livianos Diesel**

Contaminante	Capacidad	Rango de velocidad [km/h]	Factor de emisión [g/km]
CO	Conventional	10-110	$20E-05V^2 - 0.0256V + 1.8281$
	EURO I	10-110	$22.3E-05V^2 - 0.026V + 1.076$
NOx	Conventional	10-110	$81.6E-05V^2 - 0.1189V + 5.1234$
	EURO I	10-110	$24.1E-05V^2 - 0.03181V + 2.0247$
VOC	Conventional	10-110	$1.75E-05V^2 - 0.00284V + 0.2162$
	EURO I	10-110	$1.75E-05V^2 - 0.00284V + 0.2162$
PM10	Conventional	10-110	$1.25E-05V^2 - 0.000577V + 0.288$
	EURO I	10-110	$4.5E-05V^2 - 0.004885V + 0.1932$

Fuente: EMEP/CORINAIR 2006

**Cuadro 18. Factor de emisión para vehículos pesados a gasolina**

DRIVING MODE	CO [g/km]	NOx [g/km]	VOC [g/km]
Urban	70	4.5	7.0
Rural	55	7.5	5.5
Highway	55	7.5	3.5

Fuente: EMEP/CORINAIR 2006

**Cuadro 19. Factor de emisión para Motos**

Contaminante	Capacidad	Rango de velocidad [km/h]	Factor de emisión [g/km]		
			e	c	a
CO	Conventional	10-60	-1.000E-03	1.720E-01	1.810E+01
		60-110	1.000E-04	5.000E-02	2.150E+01
	EURO I	10-60	-6.300E-03	7.150E-01	-6.900E+00
		60-110	-7.000E-04	1.570E-01	6.000E+00
NOx	Conventional	10-60	3.000E-05	-2.000E-03	6.400E-02
		60-110	-2.000E-05	4.900E-03	-1.570E-01
	EURO I	10-60	2.000E-05	-1.000E-03	3.200E-02
		60-110	-2.000E-05	4.100E-03	-1.520E-01

Fuente: EMEP/CORINAIR 2006

**Cuadro 20. Factor de emisión PM10 para motos**

Contaminante	Capacidad	Estándar	Velocidad [km/h]	Factor Emisión
PM10	2 TIEMPOS	Conventional	10-110	2.0E-01
	<250cm <sup>3</sup>	Conventional	10-110	2.0E-02
	250<cc<750 cm <sup>3</sup>	Conventional	10-110	2.0E-02
	>750 cm <sup>3</sup>	Conventional	10-110	2.0E-02

Fuente: EMEP/CORINAIR 2006

Las ecuaciones mostradas anteriormente tienen como variable principal la velocidad (V= velocidad), es decir, si varia la velocidad, el factor de emisión se ve afectado. En este estudio se realizó la estimación de emisiones para el día 28 de septiembre del 2010, se calculó para esta fecha los factores de emisión de acuerdo a las velocidades representativas establecidas hora a hora según lo establecido en el cuadro 24. Para detalles de análisis, en el capítulo siguiente se mostrará los factores de emisión para horas representativas del día.

**6.7.4 Cálculo de emisiones.** Este proyecto se limita al cálculo de emisiones en caliente, esto se realiza a partir de los factores de emisión (NO<sub>x</sub>, CO, COV y PM<sub>10</sub>) que se desea analizar.

Para realizar los cálculos requeridos se usó la ecuación:

$$E = FE * L * N$$

Donde,

E: emisión del contaminante (g/h)

FE: Factor de emisión del contaminante (NO<sub>x</sub>, CO, COV o PM<sub>10</sub>) (g/km/vehículo)

L: longitud de la vía de análisis (km)

N: número de vehículos (vehículo/hora)

El número de vehículos que transitan por la vía hace referencia a la cantidad de vehículos que circulan, este conteo se realizó hora a hora como se especifica en el numeral 8.2.

## 7. RESULTADOS

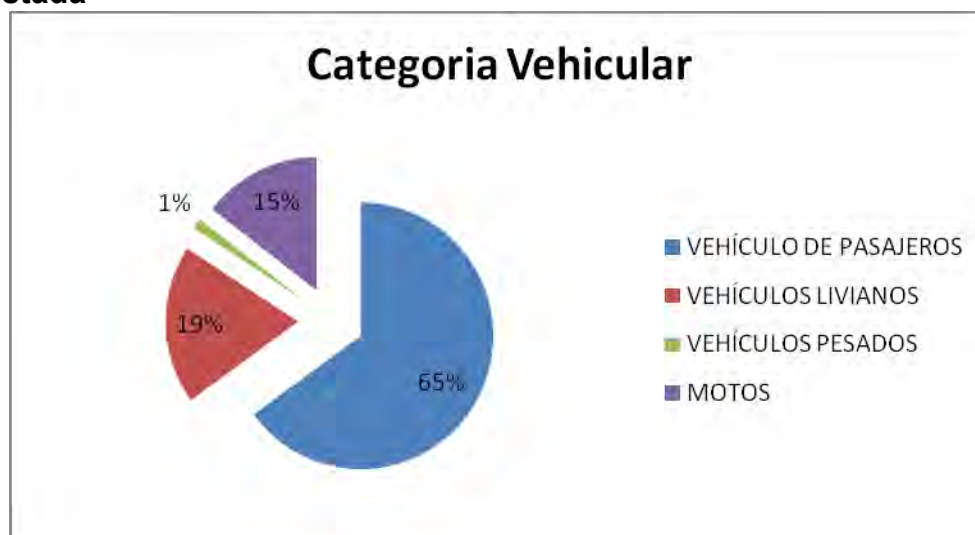
### 7.1 CARACTERIZACIÓN DE LA FLOTA VEHICULAR

El cuadro 22 y la figura 6 muestran la clasificación según tipo de vehículos, obtenida como resultado del procesamiento de las 551 encuestas realizadas para el estudio.

**Cuadro 21. Resultados para el tipo de vehículo según las encuestas aplicadas**

TIPO DE VEHÍCULO	CANTIDAD DE VEHÍCULOS
Vehículos de pasajeros	358
Vehículos livianos	106
Vehículos pesados	7
Motos	80
	551

**Figura 6. Distribución porcentual de las categorías de vehículo de la muestra encuestada**



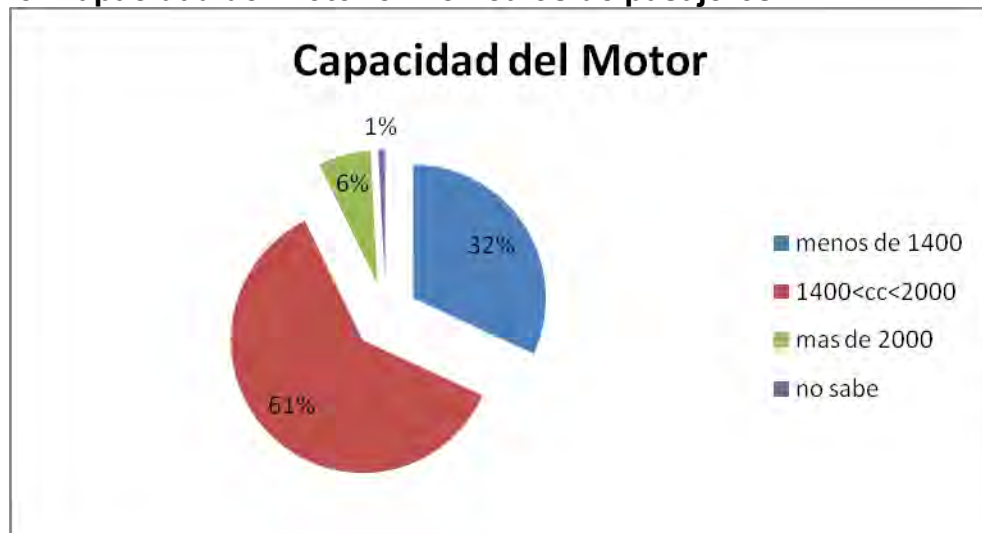
Para cada una de estas categorías se obtuvieron resultados del tipo de combustible y la capacidad del motor, esto se plasma en los gráficos siguientes.

**Figura 7. Combustible Utilizado por los vehículos de pasajeros de la muestra encuestada**



En la categoría vehículo de pasajeros, se puede observar que la mayoría de los autos que transitan por la vía de análisis, son vehículos que utilizan como combustible la gasolina, como lo indica el 98% de los datos mostrado en la figura 7.

**Figura 8. Capacidad del Motor en vehículos de pasajeros**

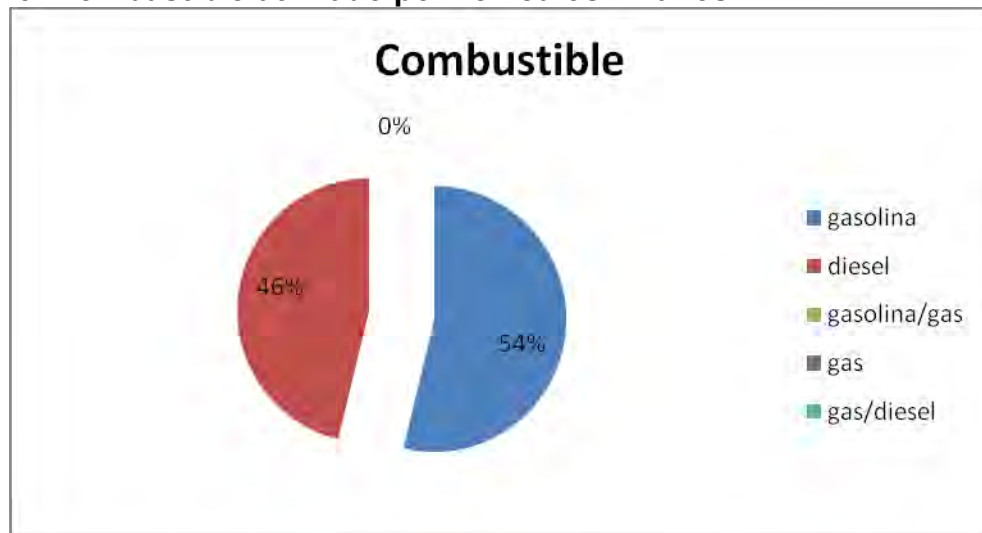


En cuanto a la capacidad del motor para vehículos de pasajeros, predominan los carros con cilindraje entre 1400 y 2000 c.c. seguido por los motores con cilindraje

menor de 1400 c.c., cada uno con un porcentaje de 61% y 32% respectivamente como se muestra en la figura 8.

En la categoría de vehículos livianos, el 54% que transitan por la vía Panamericana utilizan gasolina como combustible para su vehículo. Con respecto a la capacidad del motor se tiene que el 78% de los vehículos son mayores que 1400 cc y el 22% de los vehículos se encuentran entre 1400 y 2000 cc, véase figura 9 y 10.

**Figura 9. Combustible utilizado por vehículos livianos**

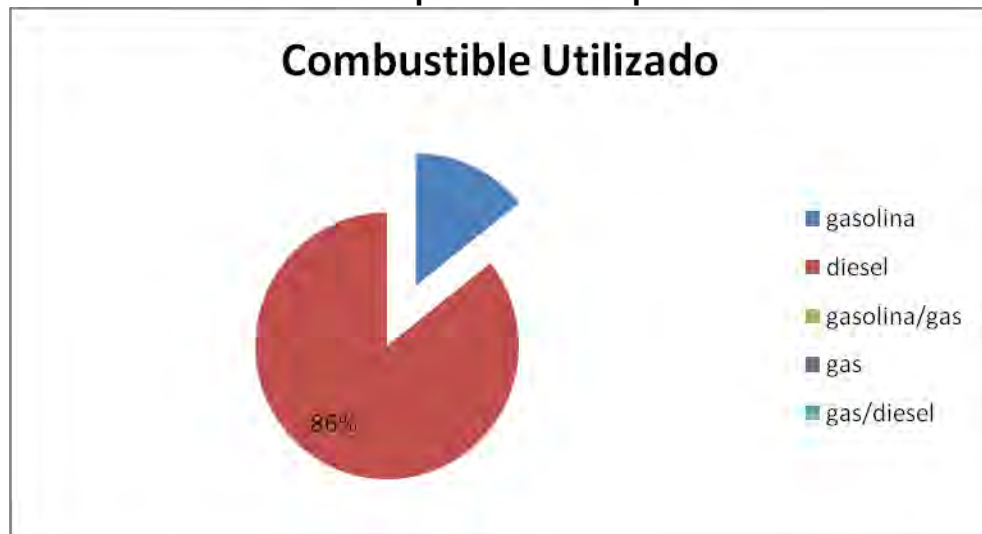


**Figura 10. Capacidad motor para vehículos livianos**



Para los vehículos pesados el 14% de estos utilizan como combustible la gasolina, seguido por el combustible diesel con un 86%. Con respecto a la capacidad del motor, el 100% son más de 2000 cc.

**Figura 11. Combustible Utilizado por vehículos pesados**



**Figura 12. Capacidad del Motor para vehículos pesados**



En camiones de carga pesada se encuentra que el 100% de estos vehículos utilizan combustible diesel y todos tienen capacidad del motor más de 2000 cc.

Para el caso de las Motos es indiscutible que todas usan como tipo de combustible la gasolina ya que son las que normalmente ruedan por las calles de la ciudad de Cali.

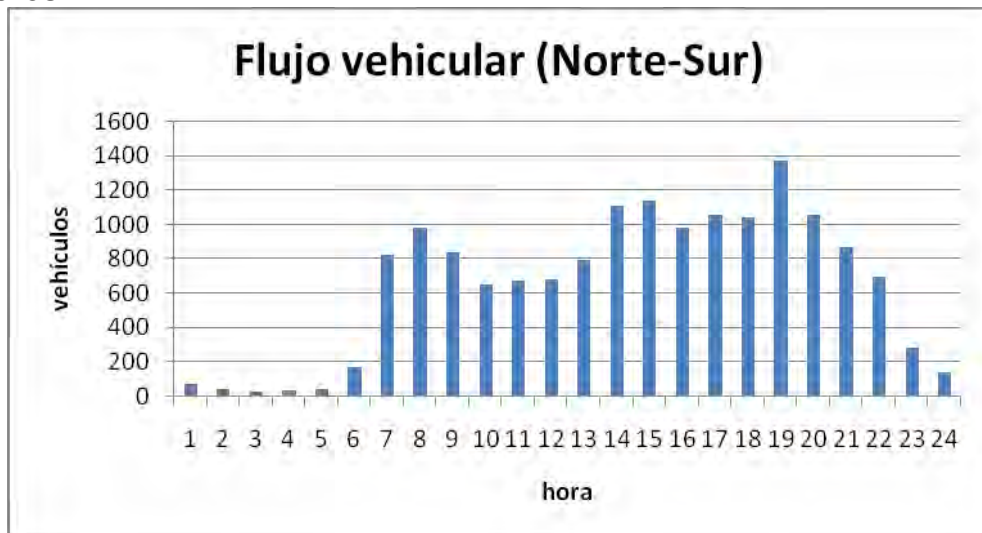
**Figura 13. Combustible utilizado en Motos**



## 7.2 CONTEO DE VEHÍCULOS

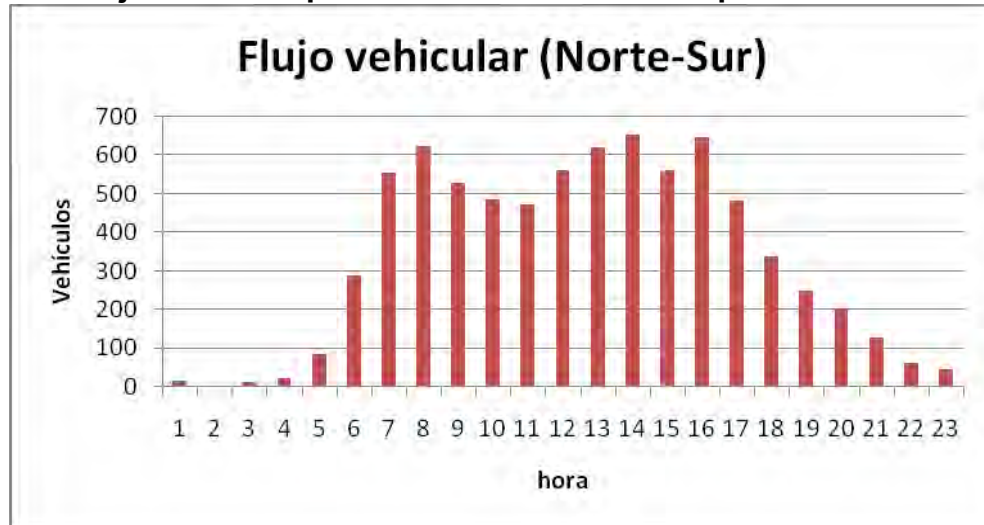
Otra variable importante para el desarrollo del proyecto es la cantidad y el tipo de vehículos que transitaron por la vía de análisis durante las 24 horas. En las Figuras 14 a 29 se presenta el flujo vehicular de la vía Panamericana en sentido Norte – Sur, Sur – norte, Bahía y flujo total del día típico escogido (28 de septiembre 2010) según el tipo, en cada uno de ellos se muestra una tendencia específica para cada hora del día.

**Figura 14. Flujo vehicular por hora sentido norte-sur para vehículos de pasajeros**

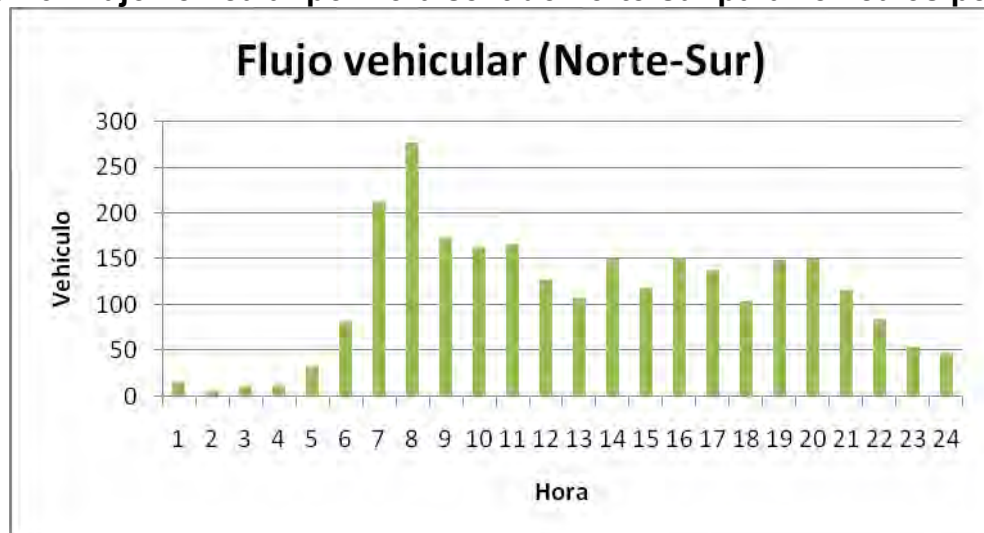




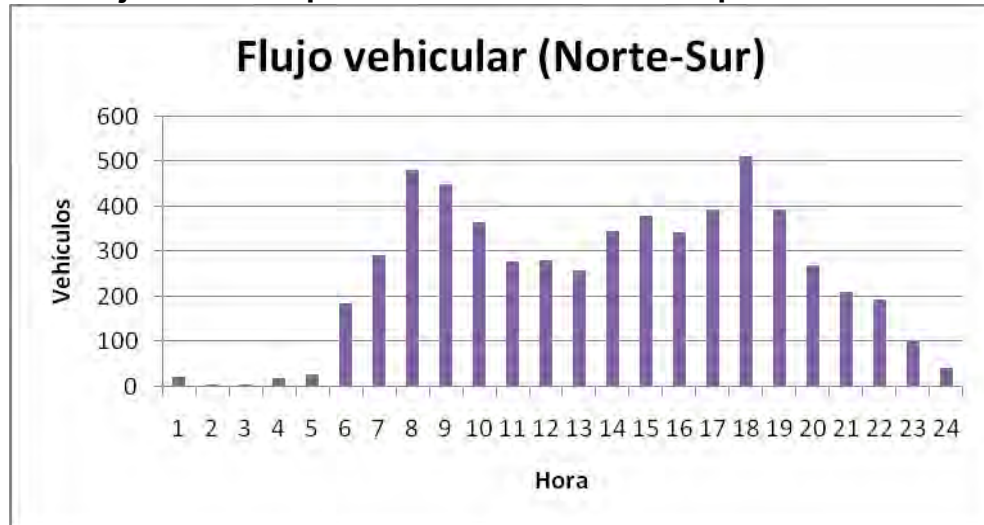
**Figura 15. Flujo vehicular por hora sentido norte-sur para vehículos livianos**



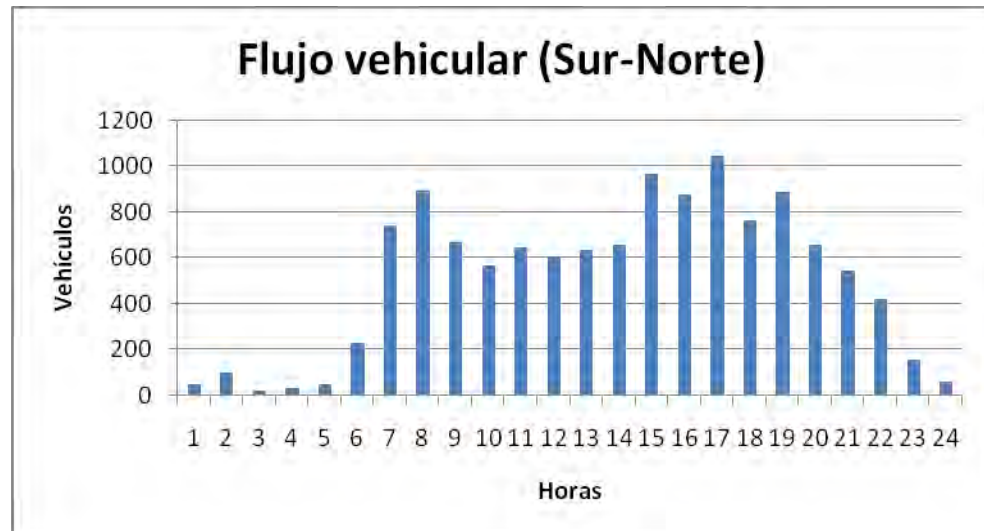
**Figura 16. Flujo vehicular por hora sentido norte-sur para vehículos pesados**



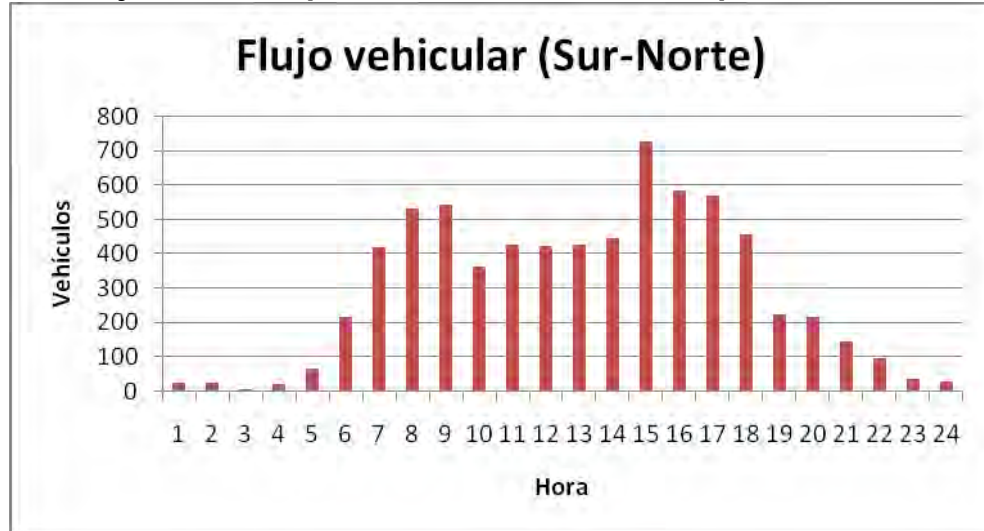
**Figura 17. Flujo vehicular por hora sentido norte-sur para motos**



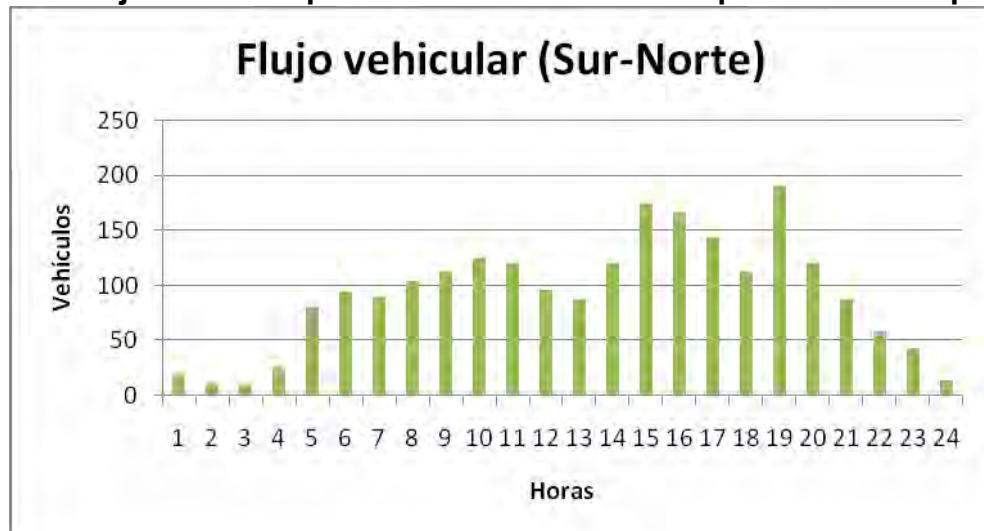
**Figura 18. Flujo vehicular por hora sentido sur-norte para vehículos de pasajeros**



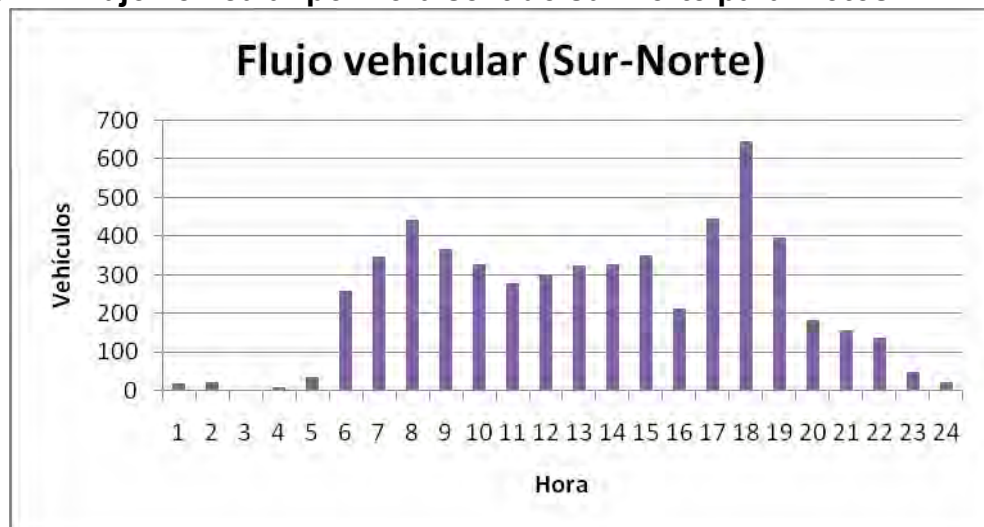
**Figura 19. Flujo vehicular por hora sentido sur-norte para vehículos livianos**



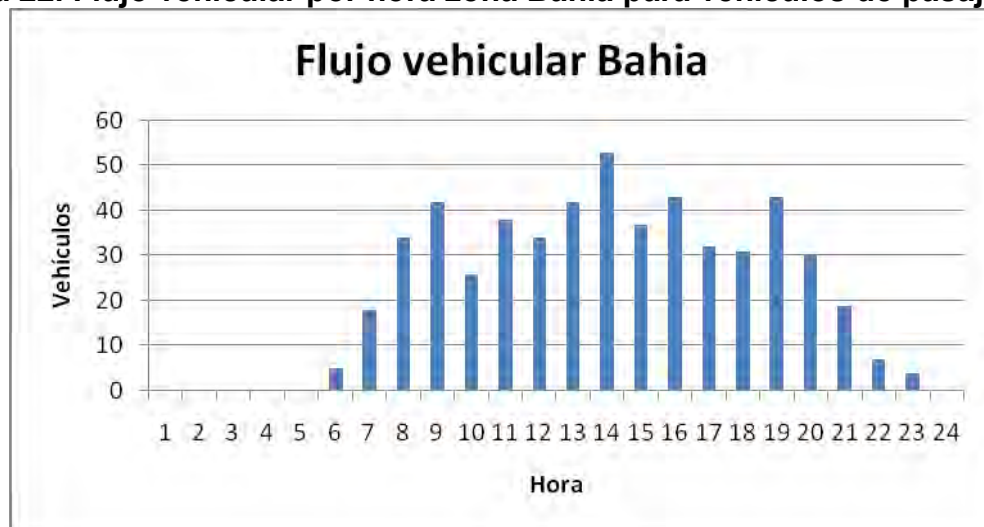
**Figura 20. Flujo vehicular por hora sentido sur-norte para vehículos pesados**



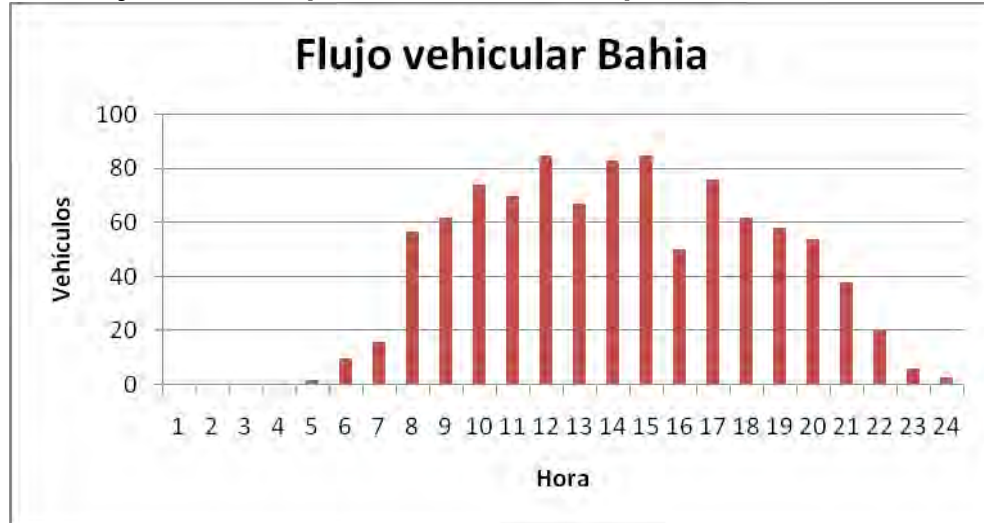
**Figura 21. Flujo vehicular por hora sentido sur-norte para motos**



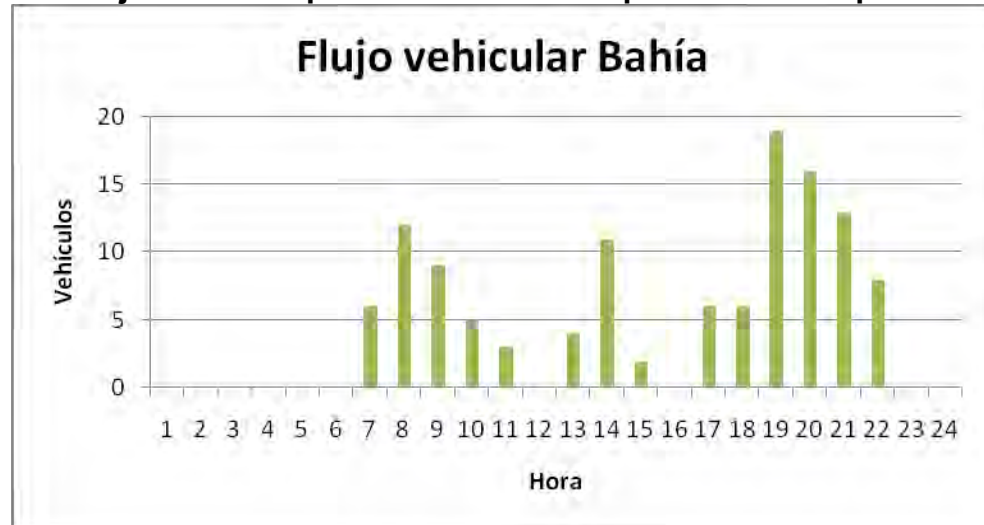
**Figura 22. Flujo vehicular por hora zona Bahía para vehículos de pasajeros**



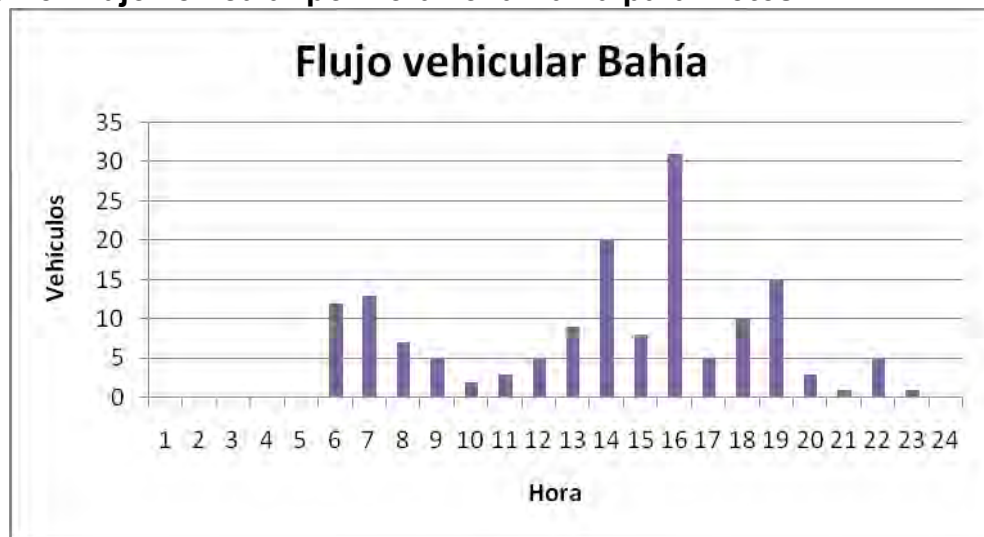
**Figura 23. Flujo vehicular por hora zona Bahía para vehículos livianos**



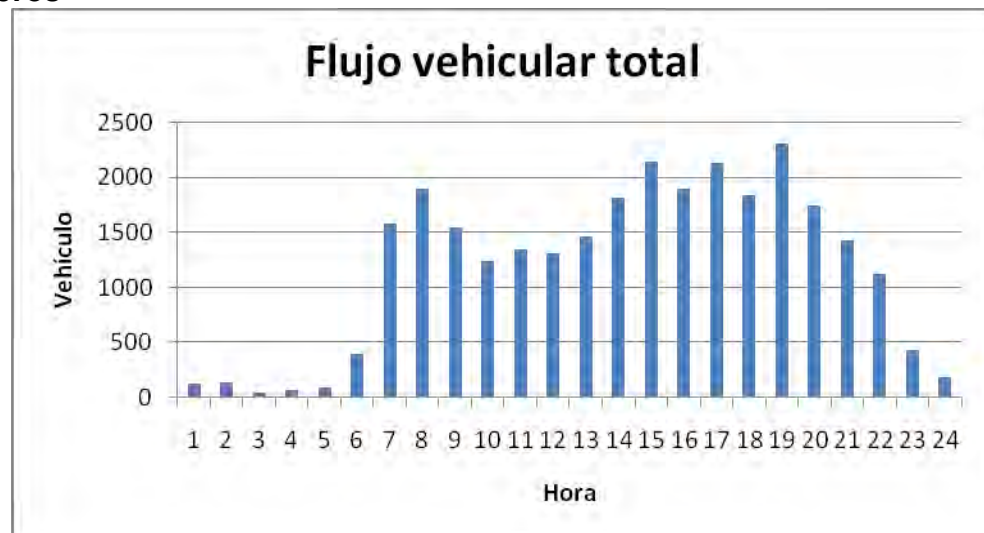
**Figura 24. Flujo vehicular por hora zona Bahía para vehículos pesados**



**Figura 25. Flujo vehicular por hora zona Bahía para motos**

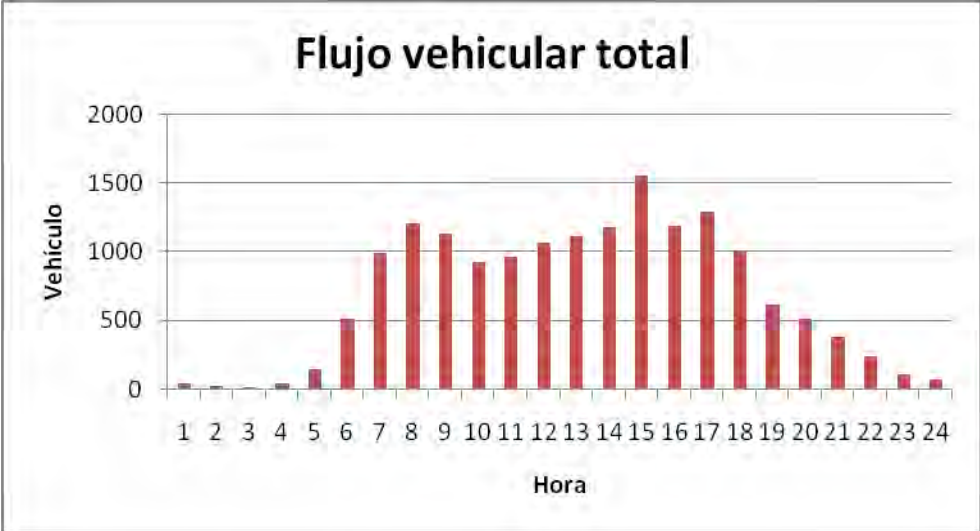


**Figura 26. Flujo vehicular por hora vía Panamericana para vehículos de pasajeros**

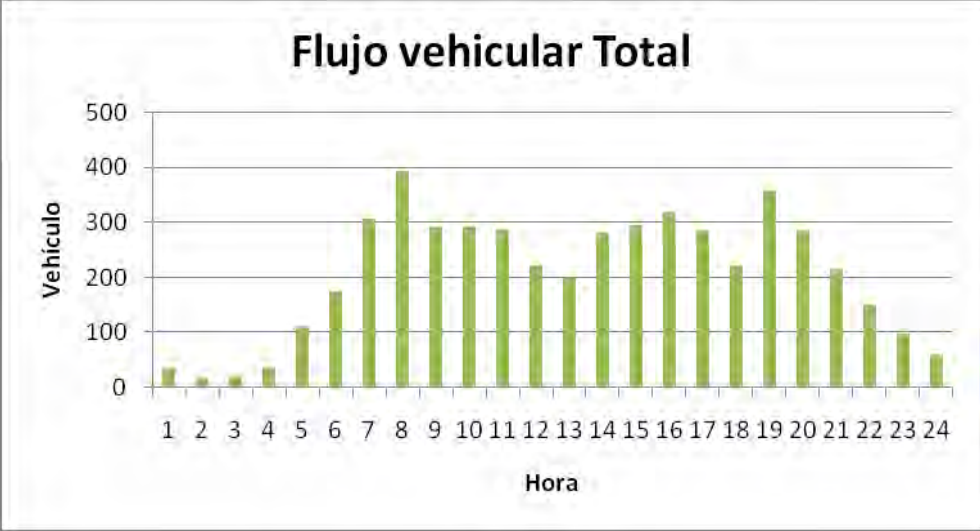


Según la figura 26, para la vía panamericana en cuanto a la categoría de T1 se observa que existe mayor flujo vehicular en horas entre 07:00 y 09:00 que equivale al 16.5%; y entre las 14:00 y 20:00 que equivale el 47.6% del tránsito total. Se observa que en horas entre las 23:00 y 05:00 el flujo vehicular es mínimo.

**Figura 27. Flujo vehicular por hora vía Panamericana para vehículos livianos**

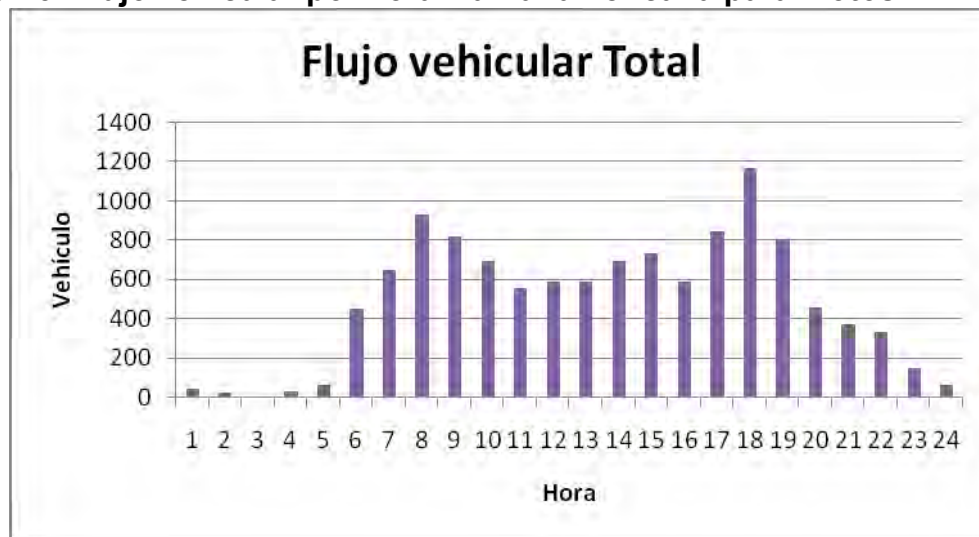


**Figura 28. Flujo vehicular por hora vía Panamericana para vehículos pesados**





**Figura 29. Flujo vehicular por hora vía Panamericana para motos**



Según los gráficos, para la vía panamericana se observa que existe mayor flujo vehicular en horas entre 07:00 y 09:00; 14:00 y 16:00. Estas dos tendencias se dan ya que entre estos horarios existe mayor cantidad de vehículos entrando o saliendo de la ciudad como consecuencia de los horarios de trabajo. A continuación se muestran el total de vehículos por tipo que transitaron por la zona de análisis durante el día 28 de septiembre 2010.

**Cuadro 22.Total de vehículos que transitaron por la vía Panamericana**

	<b>SUR - NORTE</b>	<b>NORTE - SUR</b>	<b>BAHÍA</b>	<b>TOTAL</b>
T1	15.520	12.328	538	28.386
T2	8.403	7.057	978	16.438
T3	2.637	2.219	120	4.976
T4	5.868	5.681	155	11.704
<b>TOTAL</b>	<b>32.428</b>	<b>27.285</b>	<b>1.791</b>	<b>61.504</b>

Otra variable importante con la cual se calcularon los factores de emisión es la velocidad promedio de los vehículos que transitan por la zona de análisis, a partir de los estudios se consideraron velocidades promedio representativas para cada hora del día como muestra el cuadro 24.



**Cuadro 23. Velocidades horarias promedio**

	Vehículos livianos Lu a Vi	Vehículos pesados Lu a Vi
HORA	V (km/h)	V (km/h)
0	90	72
1	90	72
2	90	72
3	90	72
4	90	72
5	90	72
6	60	48
7	65	52
8	70	56
9	80	64
10	80	64
11	80	64
12	70	56
13	75	60
14	80	64
15	80	64
16	80	64
17	80	64
18	70	56
19	70	56
20	75	60
21	80	64
22	90	72
23	90	72

### **7.3 CLASIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS**

Para la aplicación del modelo es importante establecer la distribución de la flota vehicular según modelo, cilindraje, y tipo de vehículo. En los cuadros 26 a 35 se muestra los porcentajes de distribución para cada ítem, según la caracterización de la vía panamericana, toda esta información se recopiló gracias a las encuestas realizadas por estudiantes de la universidad autónoma de occidente e información del Ministerio de transporte.

**Cuadro 24. Reporte parque Automotor de la ciudad de Cali**

	AUTO	BUS	BUS ETA	CAMI ON	CAMIO NETA	CAMP ERO	MICRO BUS	TRACTO CAMION	VOLQ UETA	MOTOCI CLETA
1972	1401	75	88	100	85	256	7	15	16	20
1973	1797	80	30	140	152	173	8	12	25	69
1974	2993	90	51	188	282	376	9	15	60	51
1975	1927	138	20	177	434	203	12	26	22	24
1976	1503	351	36	200	421	321	12	11	30	237
1977	2004	130	10	217	543	497	11	11	22	271
1978	2499	116	15	381	766	901	20	27	55	934
1979	2457	162	21	502	795	975	39	24	72	894
1980	3239	87	29	351	1150	1008	36	75	229	1673
1981	2668	163	32	287	823	1078	26	46	139	1148
1982	2546	108	50	208	1297	1995	15	29	18	819
1983	2023	184	37	122	661	669	11	22	7	911
1984	2639	173	57	94	518	228	29	12	15	601
1985	3554	118	68	75	683	208	8	8	9	382
1986	2599	172	20	105	638	183	3	11	13	402
1987	2993	122	26	119	506	162	8	5	15	506
1988	2826	222	26	116	480	271	32	21	22	497
1989	4218	247	24	173	912	735	82	24	86	693
1990	3993	454	39	197	1063	645	219	10	60	641
1991	5055	183	86	216	1205	853	290	5	17	451
1992	4082	152	104	214	981	909	207	11	28	519
1993	7308	390	309	418	1319	1644	470	37	58	898
1994	7782	406	157	451	1538	1427	510	20	43	1235
1995	7564	169	202	513	1302	1336	430	27	54	1505
1996	5760	121	183	270	1082	1303	164	3	14	1143
1997	6167	100	170	220	1335	1121	215	2	5	636
1998	7576	153	318	313	1254	1056	274	7	3	419
1999	3673	60	155	77	662	636	268	2	1	227
2000	3298	104	124	52	589	468	218		5	141
2001	4618	122	292	43	434	410	555			177
2002	6188	249	280	105	244	247	119		1	271
2003	7780	412	448	153	416	390	152		2	456
2004	6486	101	85	126	609	811	121			587
2005	9691	71	76	207	912	1051	175	5	3	1884
2006	11306	61	104	255	1348	1439	160	10	19	2730
2007	9276	13	17	119	1287	1475	94	21		1085
2008	15437	201	5	118	2231	2182	112	8	5	2189
2009	11490	78	5	114	1236	1409	70			4393
2010	3308	40	3	30	161	274	2			2439
total	193724	6378	3802	7766	32354	31325	5193	562	1173	34158

Fuente: Ministerio de transporte. Consultado 6 de febrero 2011. Disponible en: <http://www.mintransporte.gov.co>

En los cuadros 26, 28, 30, 32 y 34 se muestra los porcentajes de distribución en cuanto a la categoría de la edad para los automóviles, vehículos livianos, buses, camiones y motocicletas, esto se realizó a partir de la información plasmada en el cuadro 25.

**Cuadro 25. Porcentaje de distribución para automóviles**

MODELO	PORCENTAJE
menores 1970	0%
de 1970 hasta 1978	7.3 %
de 1979 hasta 1985	9.9%
mayores 1986	82.8%

**Cuadro 26. Árbol de porcentajes para automóviles**

TIPO DE COMBUSTIBLE	CILINDRAJE	EDAD	PORCENTAJE DE EDAD
Gasolina (0.98)	< 1,4 L (0.32)	menores 1970	0
		de 1970 hasta 1978	(0.073)
		de 1979 hasta 1985	(0.099)
		Mayores 1986	(0.828)
	1,4 - 2,0 L (0.61)	menores 1970	0
		de 1970 hasta 1978	(0.073)
		de 1979 hasta 1985	(0.099)
		mayores 1986	(0.828)
	> 2,0 L (0.06)	menores 1970	0
		de 1970 hasta 1978	(0.073)
		de 1979 hasta 1985	(0.099)
		mayores 1986	(0.828)
Diesel (0.02)	< 2,0 L (0.93)	mayores 1986	1
	> 2,0 L (0.07)	mayores 1986	1

**Cuadro 27. Porcentaje de distribución para vehículos livianos**

MODELO	PORCENTAJE
menores 1970	0%
de 1970 hasta 1978	7.90%
de 1979 hasta 1985	17.30%
mayores 1986	74.80%

En este caso fue necesario agrupar buseta, camioneta, campero, microbús para lograr obtener el porcentaje de vehículos livianos que pertenecían a años menores de 1970, 1970 hasta 1978, 1979 hasta 1985 o mayores que 1986.

**Cuadro 28. Árbol de porcentajes para vehículos livianos**

<b>TIPO DE COMBUSTIBLE</b>	<b>CILINDRAJE</b>	<b>EDAD</b>
Gasolina <b>(0.54)</b>	1,4 - 2,0 L <b>(0.22)</b>	menores 1970 <b>(0)</b>
		de 1970 hasta 1978 <b>(0.079)</b>
		de 1979 hasta 1985 <b>(0.173)</b>
		mayores 1986 <b>(0.748)</b>
	> 2,0 L <b>(0.78)</b>	menores 1970 <b>(0)</b>
		de 1970 hasta 1978 <b>(0.079)</b>
		de 1979 hasta 1985 <b>(0.173)</b>
		mayores 1986 <b>(0.748)</b>
Diesel <b>(0.46)</b>	< 2,0 L <b>(0.22)</b>	de 1979 hasta 1985 <b>(1)</b>
	> 2,0 L <b>(0.78)</b>	mayores 1986 <b>(1)</b>

**Cuadro 29. Porcentaje de distribución para Buses**

<b>MODELO</b>	<b>PORCENTAJE</b>
menores 1970	0%
de 1970 hasta 1978	15.40%
de 1979 hasta 1985	15.60%
mayores 1986	69%

**Cuadro 30. Árbol de porcentajes para vehículos Buses**

<b>TIPO DE COMBUSTIBLE</b>	<b>CILINDRAJE</b>	<b>EDAD</b>
Gasolina <b>(0.14)</b>	> 3,5 T <b>(1)</b>	menores 1970 <b>(0)</b>
		de 1970 hasta 1978 <b>(0.154)</b>
		de 1979 hasta 1985 <b>(0.156)</b>
		mayores 1986 <b>(0.69)</b>
Diesel <b>(0.86)</b>	> 3,5 T <b>(1)</b>	menores 1970 <b>(0)</b>
		de 1970 hasta 1978 <b>(0.154)</b>
		de 1979 hasta 1985 <b>(0.156)</b>
		mayores 1986 <b>(0.69)</b>

**Cuadro 31. Porcentaje de distribución para Camiones**

<b>MODELO</b>	<b>PORCENTAJE</b>
menores 1970	0%
de 1970 hasta 1978	18.40%
de 1979 hasta 1985	24.70%
mayores 1986	56.9%

**Cuadro 32. Árbol de porcentajes para camiones**

<b>TIPO DE COMBUSTIBLE</b>	<b>CILINDRAJE</b>	<b>EDAD</b>	<b>PORCENTAJE DE EDAD</b>
Gasolina <b>(0.14)</b>	> 3,5 T <b>(1)</b>	menores 1970	<b>0</b>
		de 1970 hasta 1978	<b>(0.184)</b>
		de 1979 hasta 1985	<b>(0.247)</b>
		mayores 1986	<b>(0.569)</b>
Diesel <b>(0.86)</b>	> 3,5 T <b>(1)</b>	menores 1970	<b>0</b>
		de 1970 hasta 1978	<b>(0.184)</b>
		de 1979 hasta 1985	<b>(0.247)</b>
		mayores 1986	<b>(0.569)</b>

**Cuadro 33. Porcentaje de distribución para Motos**

menores 1970	0%
de 1970 hasta 1978	4.7%
de 1979 hasta 1985	18.8%
mayores 1986	76.5%

**Cuadro 34. Árbol de porcentajes para Motos**

TIPO DE COMBUSTIBLE	CILINDRAJE	EDAD
2 TIEMPOS (1)	> 50 cm <sup>3</sup> (1)	menores 1970 (0)
		de 1970 hasta 1978 (0.047)
		de 1979 hasta 1985 (0.188)
		mayores 1986 (0.765)

### 7.3 FACTORES DE EMISIÓN

Los factores de emisión fueron calculados a partir de los cuadros mostrados en el capítulo 8, fue necesario tomar velocidades representativas a las cuales se calculó el factor de emisión para cada uno de los contaminantes de análisis.

**Cuadro 35. Factor de emisión para los contaminantes de análisis dependiendo de la velocidad para este estudio**

Velocidad	modelo vehículo	categoría vehículo	NOx [g/km]	CO [g/km]	COV [g/km]	PM10 [g/km]
60 km/hora	PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	2,02	21,30	1,78	0,04
		1.4 < AUTO < 2 L	5,55	28,04	2,67	0,12
		AUTO > 2 L	6,69	28,04	2,67	0,16
		BUSES	10,47	70,85	7,35	1,08
		CAMIONES	4,50	70,85	7,35	1,08
		MOTOS	0,07	24,86	8,54	0,20
	ECE-1501 1970<año<1979	AUTO < 1.4 L	2,02	14,38	1,32	0,04
		1.4 < AUTO < 2 L	5,55	21,12	2,21	0,12
		AUTO > 2 L	6,69	21,12	2,21	0,16

**Cuadro 37. (Continuación)**

<b>Velocidad</b>	<b>modelo vehículo</b>	<b>categoría vehículo</b>	<b>NOx [g/km]</b>	<b>CO [g/km]</b>	<b>COV [g/km]</b>	<b>PM10 [g/km]</b>
		BUSES	10,47	70,85	7,35	1,08
		CAMIONES	10,47	70,85	7,35	1,08
		MOTOS	0,07	24,86	8,54	0,20
	ECE-1503 1979<año<1986	AUTO < 1.4 L	2,01	10,69	1,13	0,04
		1.4 < AUTO < 2 L	5,37	17,43	2,02	0,12
		AUTO > 2 L	6,20	17,43	2,02	0,16
		BUSES	10,47	70,85	7,35	1,08
		CAMIONES	10,47	70,85	7,35	1,08
		MOTOS	0,07	24,86	8,54	0,20
	ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	1,96	5,64	1,03	0,04
		1.4 < AUTO < 2 L	6,93	13,91	2,13	0,56
		AUTO > 2 L	7,23	13,91	2,13	0,60
		BUSES	10,47	70,85	7,35	1,08
		CAMIONES	10,47	70,85	7,35	1,08
		MOTOS	0,07	24,86	8,54	0,20
75 km/hora	PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	2,07	18,51	1,52	0,04
		1.4 < AUTO < 2 L	6,06	24,91	2,03	0,12
		AUTO > 2 L	7,61	24,91	2,03	0,16
		BUSES	10,47	70,85	7,35	1,08
		CAMIONES	10,47	70,85	7,35	1,08
		MOTOS	0,10	25,81	8,36	0,20
	ECE-1501 1970<año<1979	AUTO < 1.4 L	2,07	14,77	1,23	0,04
		1.4 < AUTO < 2 L	6,06	21,17	1,74	0,12
		AUTO > 2 L	7,61	21,17	1,74	0,16
		BUSES	10,47	70,85	7,35	1,08
		CAMIONES	10,47	70,85	7,35	1,08
		MOTOS	0,10	25,81	8,36	0,20
	ECE-1503 1979<año<1986	AUTO < 1.4 L	2,39	8,13	1,03	0,04
		1.4 < AUTO < 2 L	6,01	14,53	1,54	0,12
		AUTO > 2 L	6,90	14,53	1,54	0,16
		BUSES	10,47	70,85	7,35	1,08
		CAMIONES	10,47	70,85	7,35	1,08
		MOTOS	0,10	25,81	8,36	0,20
	ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	2,20	4,69	0,84	0,04
		1.4 < AUTO < 2 L	7,42	12,57	1,53	0,57
		AUTO > 2 L	13,70	12,57	1,53	0,61
		BUSES	10,47	70,85	7,35	1,08
		CAMIONES	10,47	70,85	7,35	1,08

**Cuadro 37. (Continuación)**

<b>Velocidad</b>	<b>modelo vehículo</b>	<b>categoría vehículo</b>	<b>NOx [g/km]</b>	<b>CO [g/km]</b>	<b>COV [g/km]</b>	<b>PM10 [g/km]</b>
		MOTOS	0,10	25,81	8,36	0,20
90 km/hora	PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	2,06	16,50	1,34	0,04
		1.4 < AUTO < 2 L	6,56	27,53	1,77	0,12
		AUTO > 2 L	8,58	27,53	1,77	0,16
		BUSES	10,47	70,85	7,35	1,08
		CAMIONES	10,47	70,85	7,35	1,08
		MOTOS	0,12	26,81	8,31	0,20
	ECE-1501 1970<año<1979	AUTO < 1.4 L	2,06	16,60	1,16	0,04
		1.4 < AUTO < 2 L	6,56	27,63	1,59	0,12
		AUTO > 2 L	8,58	27,63	1,59	0,16
		BUSES	10,47	70,85	7,35	1,08
		CAMIONES	10,47	70,85	7,35	1,08
		MOTOS	0,12	26,81	8,31	0,20
	ECE-1503 1979<año<1986	AUTO < 1.4 L	2,89	7,26	0,97	0,04
		1.4 < AUTO < 2 L	6,71	18,29	1,40	0,12
		AUTO > 2 L	7,73	18,29	1,40	0,16
		BUSES	10,47	70,85	7,35	1,08
		CAMIONES	10,47	70,85	7,35	1,08
		MOTOS	0,12	26,81	8,31	0,20
	ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	2,49	4,27	0,73	0,04
		1.4 < AUTO < 2 L	8,33	16,85	1,33	0,61
		AUTO > 2 L	8,71	16,85	1,33	0,57
		BUSES	10,47	70,85	7,35	1,08
		CAMIONES	10,47	70,85	7,35	1,08
		MOTOS	0,12	26,81	8,31	0,20

Estos factores de emisión fueron comparados con otras investigaciones que utilizaron la metodología CORINAIR para el cálculo de los factores de emisión y en las cuales no se establecen diferencias significativas para los contaminantes.

Se observa en el cuadro 36 que las mayores emisiones son presentadas por los buses y camiones, esto es de gran importancia ya que se tiene una visión hacia donde se debe hacer mayor énfasis a la hora de atenuar la contaminación atmosférica.

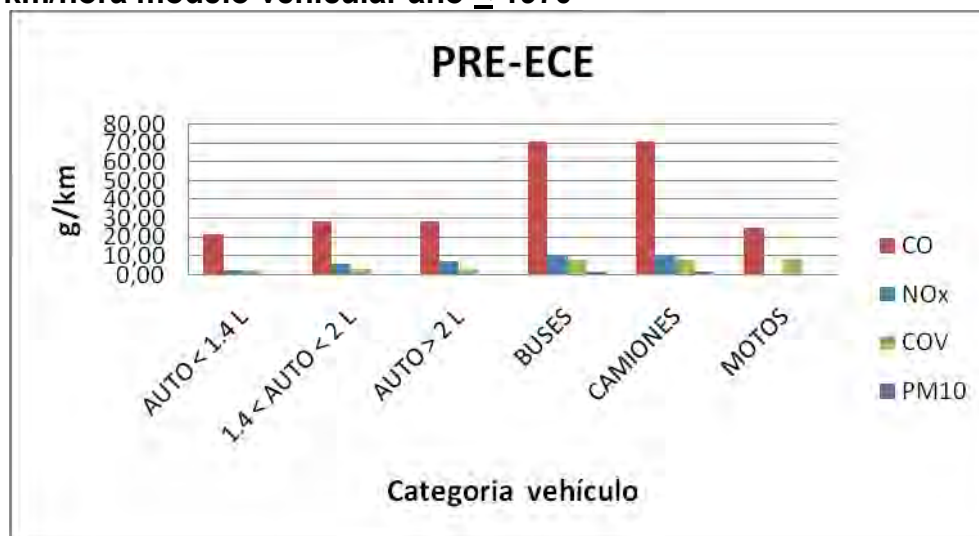


**Cuadro 36. Factores de emisión del grupo de investigaciones ambientales.**

Velocidad	modelo vehículo	categoría vehículo	NOx [g/km]	CO [g/km]	COV [g/km]	PM10 [g/km]
60 km/hora	PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	2,02	21,30	1,78	0,04
		1.4 < AUTO < 2 L	2,52	21,30	1,78	0,06
		AUTO > 2 L	3,66	21,30	1,78	0,08
		BUSES	10,67	2,8	0,64	0,9
		CAMIONES	7,26	2,17	1,1	0,9
		MOTOS	0,07	24,82	7,56	0,06
	ECE-1501 1970 < año < 1979	AUTO < 1.4 L	2,02	13,94	1,32	0,04
		1.4 < AUTO < 2 L	2,52	13,94	1,32	0,06
		AUTO > 2 L	3,66	13,94	1,32	0,08
		BUSES	10,67	2,8	0,64	0,9
		CAMIONES	7,26	2,17	1,1	0,9
		MOTOS	0,07	24,82	7,56	0,06
	ECE-1503 1979 < año < 1986	AUTO < 1.4 L	2,01	10,69	1,13	0,04
		1.4 < AUTO < 2 L	2,34	10,69	1,13	0,06
		AUTO > 2 L	3,13	10,69	1,13	0,08
		BUSES	10,67	2,8	0,64	0,9
		CAMIONES	7,26	2,17	1,1	0,9
		MOTOS	0,07	24,82	7,56	0,06
	ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	1,96	6,28	1,03	0,04
		1.4 < AUTO < 2 L	2,53	6,28	1,03	0,06
		AUTO > 2 L	2,54	6,28	1,03	0,08
		BUSES	10,67	2,8	0,64	0,9
		CAMIONES	7,26	2,17	1,1	0,9
		MOTOS	0,07	24,82	7,56	0,06

Comparando los cuadros 37 y 38 se observan pequeñas diferencias en los factores de emisión, se puede hacer hincapié en el factor de emisión del monóxido de carbono en la categoría de buses y camiones que presenta una diferencia razonable, esto se da ya que en el estudio de las Empresas Públicas de Medellín no tiene en cuenta los camiones y buses a gasolina ya que según la hipótesis planteada en ese estudio para su flota vehicular no se presenta este tipo de vehículos.

**Figura 30. Factor de emisión para contaminantes de estudio con velocidad de 60 km/hora modelo vehicular año  $\leq$  1970**



En la figura 30 se presenta el factor de emisión para CO, NOX, COV y PM10, aquí se observa que el monóxido de carbono es el contaminante de mayor emisión por las fuentes móviles que transitan por la vía panamericana. Esta figura muestra que el PM10 es el contaminante con menor factor de emisión.

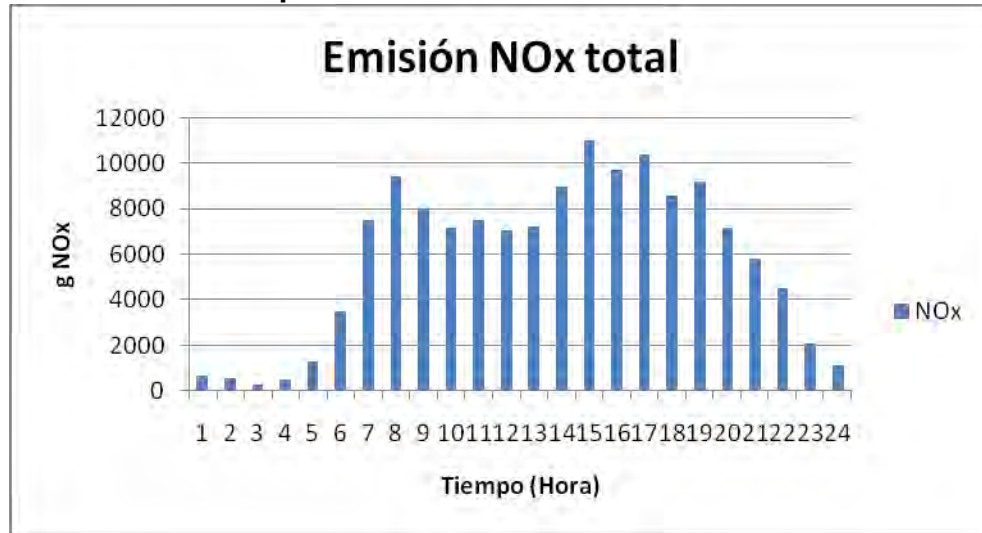
#### 7.4 CÁLCULO DE EMISIONES

A partir de estos resultados y lo descrito en la metodología...numeral 8... Se obtuvo la caracterización y estimación de las emisiones, a pesar de que estos resultados no son datos precisos, solo son estimaciones, estos valores serán de ayuda para tener registros de las emisiones en la vía panamericana. El cuadro 37 muestra los resultados obtenidos de la metodología aplicada, donde se explica el proceso detalladamente. Las emisiones horarias de cada uno de los contaminantes se encuentran con más detalle en el anexo c. Aquí se muestran los valores totales de acuerdo a la intensidad de flujo vehicular, modelo y categoría de los vehículos.

**Cuadro 37. Emisión de los contaminantes de análisis para el día 28 septiembre 2010**

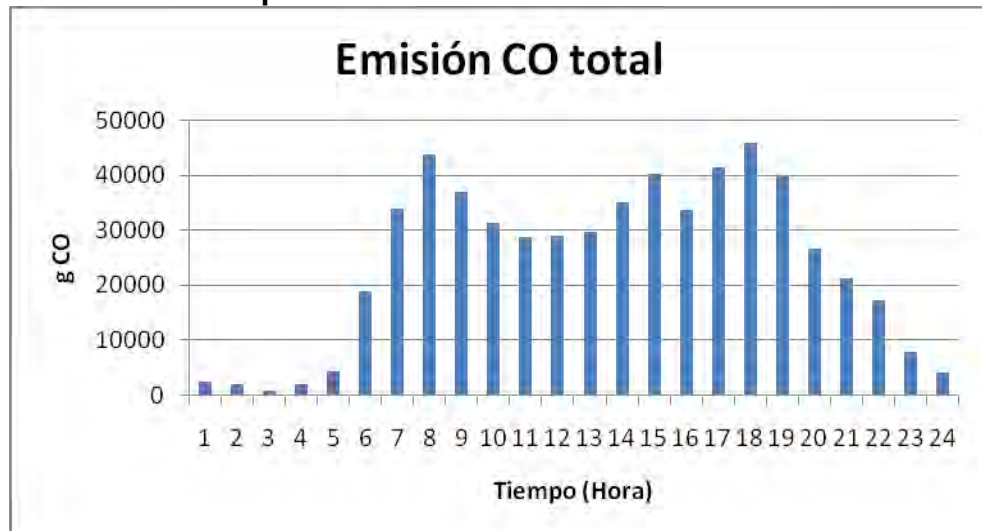
Modelo vehículo	Categoría vehículo	NOx [g/día]	CO [g/día]	COV [g/día]	PM10 [g/día]
PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	0,0	0.0	0.0	0,0
	1.4 < AUTO < 2 L	0,0	0.0	0.0	0,0
	AUTO > 2 L	0,0	0.0	0.0	0,0
	BUSES	0,0	0.0	0.0	0,0
	CAMIONES	0,0	0.0	0.0	0,0
	MOTOS	0,0	0.0	0.0	0,0
ECE-1501 1970<año<1979	AUTO < 1.4 L	1.343,3	9.717,8	799,1	26,0
	1.4 < AUTO < 2 L	3.993,7	19.931,0	1.631,5	84,8
	AUTO > 2 L	2.349,0	5.730,2	442,4	53,7
	BUSES	1.965,1	3.610,5	438,1	97,3
	CAMIONES	2.913,3	5.202,8	634,9	141,1
	MOTOS	35,8	13.673,0	4.694,8	110,0
ECE-1503 1979<año<1986	AUTO < 1.4 L	2.127,4	7.286,4	910,7	35,2
	1.4 < AUTO < 2 L	5.578,5	16.528,0	1.945,3	122,8
	AUTO > 2 L	4.571,2	9.953,5	808,1	109,2
	BUSES	2.023,4	3.688,2	448,2	99,8
	CAMIONES	3.891,4	7.086,8	860,4	189,8
	MOTOS	143,1	54.741,7	18.796,3	440,7
ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	16.306,9	34.898,9	6.227,8	294,7
	1.4 < AUTO < 2 L	47.690,6	79.943,6	13.057,0	1.542,8
	AUTO > 2 L	26.131,0	49.412,9	4.524,1	2.397,8
	BUSES	8.923,7	16.566,3	2.003,0	485,5
	CAMIONES	8.974,5	16.712,3	2.019,4	488,6
	MOTOS	581,9	222.546,7	76.414,3	1.790,4
Emisiones total (g/día)		139.543,7	577.230,7	136.655,2	8.510,1

**Figura 31. Emisión NOx por hora**



En la figura 31 se muestra la tendencia de las emisiones en el día típico. Se puede observar que la tendencia presenta dos picos, uno entre las horas de 07:00 a 09:00 y el otro pico entre las 14:00 a 17:00, este comportamiento de las emisiones va directamente relacionado al flujo vehicular, pues los flujos son precisamente mayores en esas franjas. Esto se debe a que la ecuación para el cálculo de las emisiones contiene la dependencia lineal del flujo vehicular.

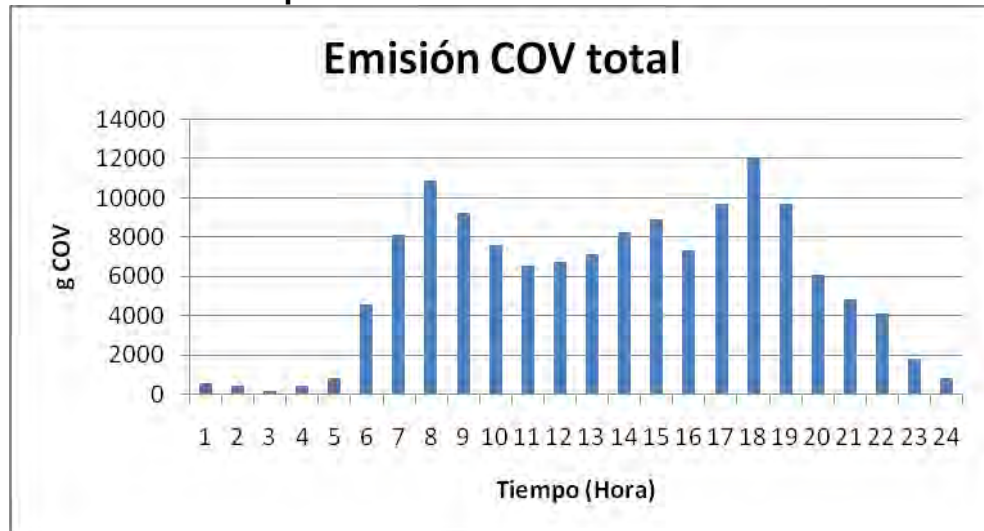
**Figura 32. Emisión CO por hora**



En la figura 32 se plasma la tendencia del CO mostrando mayor emisión en las horas de 07:00 a 09:00 y 15:00 las 19:00 como se esperaba ya que para las horas

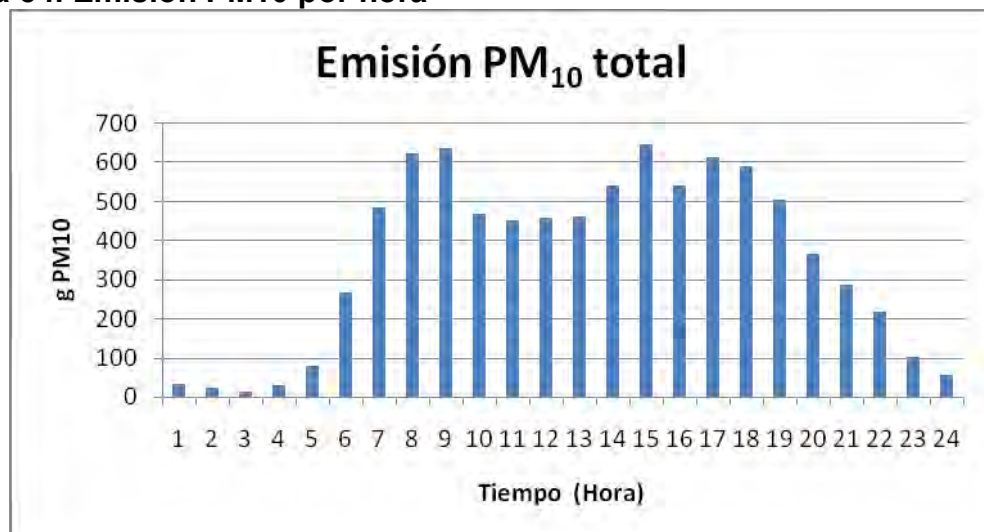
pico o de gran flujo vehicular, la emisión es mayor debido a que las velocidades de circulación son menores.

**Figura 33. Emisión COV por hora**



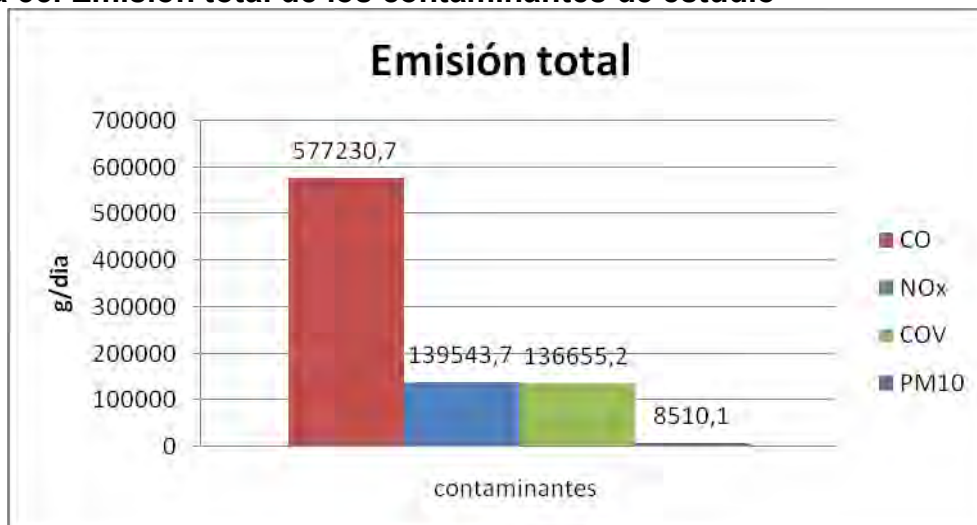
Se observa que para los COV los picos de mayor emisión se centran entre 6:00 - 10:00 y 17:00 - 20:00. En las horas de la madrugada se presenta menor flujo vehicular y por consiguiente las velocidades son mayores, esto hace que las emisiones en estos horarios sean más bajas.

**Figura 34. Emisión PM<sub>10</sub> por hora**



La emisión de PM<sub>10</sub> presenta tendencia similar a la de los otros contaminantes, se observa que las mayores emisiones se dan en dos puntos del día, el primer pico se presenta entre 7:00-10:00 y el otro entre las 15:00-19:00 horas.

**Figura 35. Emisión total de los contaminantes de estudio**



El CO (577,4 kg/día) es el contaminante con mayor emisión de las fuentes móviles. En el día típico, el pico de emisión se presenta entre 7:00 a 9:00 de la mañana y entre las 15:00 – 19:00 hora local. El PM<sub>10</sub> (8,6 kg/día) es el contaminante con menor emisión, para este los picos de emisión se presenta en la misma franja horaria del CO.

## 8. CONCLUSIONES

Los modelos de emisiones son estimaciones realizadas a partir de datos y factores de emisión que a menudo son limitados, debido a las dificultades que se presentan en la recopilación de datos y por las simplificaciones y criterios que se asumen. Las emisiones de cada uno de los vehículos que transitan en un área determinada son casi imposibles de medir debido a la gran cantidad y variedad de vehículos que circulan, por ello es necesario crear un modelo de estimación a partir de distintas herramientas especializadas de las fuentes móviles en conjunto, entre las cuales se encuentra la metodología CORINAIR aplicada en este proyecto, para lograr una aproximación mas real a las emisiones.

La cantidad de contaminantes emitidos el día 28 de septiembre de 2010 en la vía panamericana que comunica a Cali con Jamundí, en el tramo comprendido entre los 700 y 850 metros fueron de 140 kg de NO<sub>x</sub>, 577,4 kg de CO, 137 kg de COV y 8,6 kg de PM<sub>10</sub> al día. En la ciudad de Cali no cuenta con un inventario que permita comparar las cifras arrojadas por esta metodología, por otro lado no existe correlación en vías de otras ciudades con las mismas características de la zona de estudio del presente proyecto.

Analizando los valores anteriores se observa que la participación de los gases NO<sub>x</sub>, CO y los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) en las emisiones totales, presentan el mayor volumen de impacto en el sector. Esto se debe al hecho de que los NO<sub>x</sub> y los CO provienen de emisiones de fuentes móviles y los COV son producidos por las dinámicas biológicas de la naturaleza, y si se tiene en cuenta que el sector cuenta con bastas zonas verdes alrededor, resulta coherente su apreciación en el rango de mediciones.

Las emisiones de contaminantes atmosféricos debido a las fuentes móviles en la universidad autónoma de occidente, se presenta con mayor intensidad en horas entre las 07:00 – 09:00 y entre las 15:00 - 19:00, esto se debe a que entre esa misma zona horaria se presenta mayor flujo vehicular. Por otra parte, se analizó los factores de emisión para cada categoría vehicular y se concluyó que la categoría de buses y camiones presenta mayor emisión contaminante.

La Metodología CORINAIR muestra que el contaminante con mayor tasa de emisión fue el monóxido de carbono con un resultado de 577,4 kg al día, equivalente a casi 67 veces más que la emisión de material particulado, 4 veces más que la emisión de compuestos orgánicos volátiles y 4 veces mas que la emisión de óxidos de nitrógeno, lo que indica una alta presencia de un parque automotor mayor a 15 años y que un plan de reducción de emisiones se debe enfocar en mitigar la producción de CO sin excluir la chatarrización de vehículos.

La caracterización de emisiones producidas por fuentes móviles sirve como referente para la implementación de programas y proyectos de Gestión Ambiental, enfocados a la mitigación, prevención y al control de impactos ambientales causados por gases que alteran el efecto invernadero.

El hecho de considerar que la contaminación por fuentes móviles es una gran problemática que afecta a todas las ciudades del mundo lleva a poner gran parte de la atención de la autora en este aspecto. Es importante mejorar las condiciones ambientales de Cali ya que al optimizar la calidad del aire, puede llegar a aumentar el rendimiento laboral tanto de los trabajadores vinculados a la Universidad Autónoma de Occidente como de los estudiantes.

El desarrollo de este proyecto permitió a su autor realizar una aproximación en la aplicación de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de ingeniería industrial (mediciones, cálculos, análisis de procesos, documentación de los mismos, optimización de recursos, análisis de información), como también adquirir nuevas ideas que fomentan competencias relacionadas con la evaluación de la calidad del aire, las metodologías para obtener inventarios de emisiones, entre otros factores que aportan experiencia para el desarrollo del profesional.



## 9. RECOMENDACIONES

Se recomienda seguir realizando investigaciones que mejoren y actualicen los resultados obtenidos por este estudio con respecto al inventario de emisiones.

Es importante implementar medidas de control de emisiones a través de tecnologías más limpias y buscando el uso de mejores combustibles en los vehículos; es significativo establecer políticas de gestión ambiental que lleven a controlar las emisiones vehiculares, renovando el parque automotor y desechado vehículos con tecnología obsoleta para disminuir las emisiones. Como opciones de mitigación para las emisiones se propone al DAGMA y la Secretaría de Tránsito Municipal del área Metropolitana de Cali los siguientes puntos:

- Mejoras de eficiencia energética para el sector transporte.
- Reemplazo de combustibles en el sector transporte.
- Uso de fuentes de energías alternativas.
- Manejo y protección a las zonas verdes existentes.
- Chatarrización de vehículos con 15 años o más de servicio.

Planear con las instituciones correspondientes el fácil acceso de la información requerida para el desarrollo del proyecto, con el fin que en un futuro se realicen estudios más completos y con mayor exactitud en los datos.

Es primordial tener en cuenta y considerar las horas en que se presenta mayor flujo vehicular ya que en estos lapsos de tiempo se aumenta el impacto al ambiente.

Exigir a las instituciones pertinentes, la implementación de un estricto control de emisiones vehiculares con el fin de obtener un mejoramiento y reducir las emisiones de los automóviles que transitan por las vías de la ciudad de Cali.

En particular se recomienda el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), reforestación/forestación, el cual es el conjunto de proyectos que apuntan a disminuir los gases efecto invernadero mediante la plantación de árboles que absorben y almacenan un gas particular como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Estos proyectos pueden incluir varias actividades, por ejemplo, una agroforestería mixta, plantaciones pequeñas de grado comercial de especies maderables (bosque para producción), y conservación del bosque (bosque para protección). La cantidad de carbono absorbido por la plantas se considera como créditos y puede ser comercializado entre los países involucrados en un proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

Air Quality management district. Aire sucio: efectos de la contaminación del aire sobre la salud[en línea]. Costa Sur: Aire Limpio, 2004 [consultado el 15 de septiembre 2011]. Disponible en internet:[http://www.aqmd.gov/forstudents/aire\\_sucio.html](http://www.aqmd.gov/forstudents/aire_sucio.html)

BARNETCHE, Marcelo. Sistema De Inventario De Emisiones Atmosféricas [en línea]. Argentina: Consejo Empresario Argentino para el Desarrollo Sostenible, 2006 [consultado el 23 de agosto 2011]. Disponible en internet: <http://www.ceads.org.ar/casos/2006/Petrobras%20-%20Jornadas%20IAPG.pdf>

Calidad del Aire. Contaminación atmosférica [en línea]. Madrid: Calidad del Aire, 2003 [consultado el 21 de agosto 2011]. Disponible en Internet: [www.mambiente.munimadrid.es/.../resumen\\_inventario\\_de\\_emisiones\\_20](http://www.mambiente.munimadrid.es/.../resumen_inventario_de_emisiones_20).

COLOMBIA. PROTECCIÓN Y CONTROL DE LA CALIDAD DEL AIRE. Decreto 948 (5, junio, 1995). Por el cual se reglamentan, parcialmente, la Ley 23 de 1973, los artículos 33, 73,74, 75 y 76 del Decreto Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y49 de la Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire. En Colombia, Bogotá D.C., 1995. P 1-25.

COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Decreto 1277 (21, junio, 1994). Por el cual se organiza y establece el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. Ediciones Jurídicas, Bogotá D.C., 1994. 19 p.

COLOMBIA. MINISTERIO DE EDUCACION NACIONAL. Decreto 1743 (3, agosto, 1994). Por el cual se instituye el Proyecto de Educación Ambiental para todos los niveles de educación formal, se fijan criterios para la promoción de la educación ambiental no formal e informal y se establecen los mecanismos de coordinación entre el Ministerio de Educación nacional y el Ministerio del Medio Ambiente. Ministerio de ambiente, Bogotá D.C., 1994. P 6.

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 10 (4, febrero, 1980). Por medio de la cual se aprueba el "Protocolo relativo a la prohibición del empleo en la guerra de gases asfixiantes, tóxicos o similares, y de medios bacteriológicos", firmado en Ginebra el 17 de junio de 1925, y se autoriza al Gobierno de Colombia

para adherir a dicho Protocolo; y la "Convención sobre la prohibición del desarrollo, la producción y el almacenamiento de armas bacteriológicas (Biológicas), y tóxicas y sobre su destrucción", hecha en tres ejemplares en Washington, Londres y Moscú el 10 de abril de 1972 [en línea]. Washington: Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental. Organización panamericana de la salud, Washington, 1980. P 8.

COLOMBIA. ASOCIACIÓN DE CORPORACIONES AUTÓNOMAS REGIONALES Y DE DESARROLLO SOSTENIBLE. Ley 99 (22, diciembre, 1993). Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones. Alcaldía de Bogotá, Bogotá D.C., 1993. P 6.

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 769 (31, julio, 2002). Por medio de la cual se aprueba la "Convención Interamericana para la Eliminación de todas las Formas de Discriminación contra las Personas con Discapacidad", suscrita en la ciudad de Guatemala, Guatemala, el siete de junio de mil novecientos noventa y nueve. Secretaría del senado, Bogotá D.C., 2002. P 9.

COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Resolución 189 (15, julio, 1994). Por la cual se dictan regulaciones para impedir la introducción al territorio nacional de residuos peligrosos. Saneamiento ambiental y sanitario, Bogotá D.C., 1994. P 15.

COLOMBIA. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DEL MEDIO AMBIENTE. Resolución 391 (27, junio, 2001). Por la cual se designa delegado ante la Junta Directiva del Hospital Simón Bolívar – III Nivel. Alcaldía de Bogotá, Bogotá D.C., 2001. P 9.

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución 1180 (21, junio, 2006). Por la cual se modifican parcialmente las resoluciones 1565 y 1289, del 27 de diciembre de 2004 y 7 de septiembre de 2005, respectivamente. Ministerio de ambiente, Bogotá D.C., 2006. P 11

COLOMBIA. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DEL MEDIO AMBIENTE. Resolución 1208 (5, septiembre, 2003). Por la cual se dictan normas sobre prevención y control de la contaminación atmosférica por fuentes fijas y protección de la calidad del aire. Alcaldía de Bogotá, Bogotá D.C., 2003. P 8.

COLOMBIA. MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL. Resolución 001792 (3, mayo, 1990). Por la cual se adoptan valores límites permisibles para la exposición ocupacional al ruido. Fondo de riesgo profesional, Bogotá D.C., 1990. P 7.

COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE Y AMBIENTE. Resolución 3500 (21, noviembre, 2005). Por la cual se establecen las condiciones mínimas que deben cumplir los Centros de Diagnóstico Automotor para realizar la revisión técnico-mecánica y de gases de los vehículos automotores que transiten por el territorio nacional. Alcaldía de Bogotá, Bogotá D.C., 2005. P 6.

COLOMBIA. MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL. Resolución 9913 (6, diciembre, 1993). Por la cual se prohíbe y restringe el uso de unas sustancias químicas. Ministerio de comercio, Bogotá D.C., 1993. P 10

Estimación de emisiones mediante factores de emisión. Capítulo 10. [en línea]. México: Instituto Nacional de Ecología, 2005 [consultado septiembre 03 2011]. Disponible en internet: <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/457/estimacion3.pdf>

Factores de emisión de los combustibles colombianos. Academia colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales. Bogotá. Julio 2003

FERNÁNDEZ, N Y. Curso: “La tecnología del medio ambiente en el sector farmacéutico”. Cuba Noviembre 2008. Universidad de la Habana.

Google Earth [en línea]. [consultado 16 octubre 2011]. Disponible en internet: <http://www.google.es/intl/es/earth/index.html>

Guía metodológica para la estimación de emisiones vehiculares [en línea]. México: Instituto Nacional de Ecología, 2003 [consultado octubre 23 2011]. Disponible en internet: <[www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/618/reporte.pdf](http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/618/reporte.pdf)>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC), Norma Técnica Colombiana NTC-1486 (Sexta Actualización)

Documentación. Presentación de Tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. Bogotá, Icontec, 2009.

La contaminación Atmosférica. [en línea]. República Dominicana: educación Ambiental en la República Dominicana, 2008 [consultado: 3 de abril de 2010]. Disponible en internet: <<http://www.jmarcano.com/recursos/contamin/catmosf2.html>>

LARSEN, Bjorn. Cost of Environmental Damage: A Socio-Economic and Environmental Health Risk Assessment. Canadá 2004. Ministry of environment

LENTS, James, et al. Handbook of air quality management [en línea]. [consultado agosto 29 2011]. Disponible en internet: <http://www.aqbook.org/>

MÉNDEZ ÁLVAREZ, Carlos Eduardo. Metodología. 3 ed. Bogotá D.C: editorial, 2005.

MÉNDEZ ÁLVAREZ, Carlos Eduardo. Metodología. 4 ed. Bogotá D.C: Limusa, 2008.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Observatorios Ambientales Urbanos. [en línea]. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2005. [consultado 05 de noviembre 2011]. Disponible en internet: <<http://web.minambiente.gov.co/oau>> [Consulta: 20 Ago. 2011].

MINISTERIO DEL TRANSPORTE. REPÚBLICA DE COLOMBIA. Estadísticas Sector transporte para el año 2010. [en línea]. Bogotá. 2011. Disponible en internet: <[http://www.mintransporte.gov.co/Servicios/Estadisticas/Transporte\\_Automotor/](http://www.mintransporte.gov.co/Servicios/Estadisticas/Transporte_Automotor/)>

OSSES ALVARADO, Mauricio. HENRIQUEZ AGUIRRE, Álvaro. Modelo de emisiones vehiculares, MODEM. Universidad de Chile. Santiago de Chile.

PAWEL JEZIORO, Anita Bokwa. Environmental science published for everybody round the earth [en línea]. Polonia: Espere, 2003 [consultado 18 de agosto 2011]. Disponible en internet:

[http://www.atmosphere.mpg.de/enid/1\\_\\_Contaminaci\\_n\\_atmosf\\_rica/-\\_Quema\\_de\\_combustibles\\_3yj.html](http://www.atmosphere.mpg.de/enid/1__Contaminaci_n_atmosf_rica/-_Quema_de_combustibles_3yj.html)

Pearson 2001, Programa de Inventario México 2001

Protocolo de Kioto [en línea]. Cambio climático. [consultado septiembre 13 2011]. Disponible en internet: <<http://www.cambio-climatico.com/protocolo-de-kyoto>>

SÁNCHEZ, E. y HERRERA, C. Contaminación Atmosférica: La Contaminación Industrial en Colombia. Bogotá 1994. DNP, PNUD.

TRIANA, Ernesto y BOTERO, Eduardo. "Contaminación industrial en Colombia". Bogotá 1994. DNP, PNUD.

United States Environmental Protection Agency. [En línea]. Consultado el 12 de septiembre 2011. Disponible en internet: <http://www.epa.gov/ttn/catc/dir1/curso.pdf>

## ANEXOS





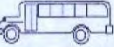




### **Anexo 1. Marco Legal de Normas atmosféricas y de contaminación para vehículos en Colombia**

<b>NORMAS</b>	<b>OBJETO</b>
Decreto 948 de 1995	Decreto 948 de 1995, reglamento de protección y control de la calidad del aire, el cual ha sido sujeto a diversas modificaciones y reglamentaciones en cuanto a fuentes fijas, móviles y calidad de combustibles.
Ley 99 de 1993	Ley 99 del 22 de diciembre de 1993, por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.
Resolución Número 001792 de 1990	Por la cual se adoptan valores límites permisibles para la exposición ocupacional al ruido.
Resolución Número 9913 del 6 de diciembre de 1993	Por la cual se prohíbe y restringe el uso de unas sustancias químicas
Decreto Número 1277 del 21 de junio de 1994	Por el cual se organiza y establece el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM.
Decreto Número 1743 del 3 de agosto de 1994	Por el cual se instituye el Proyecto de Educación Ambiental para todos los niveles de educación formal e informal, se fijan criterios para la promoción de la educación ambiental no formal e informal y se establecen los mecanismos de coordinación entre el Ministerio de Educación Nacional y el Ministerio del Medio Ambiente.
Resolución Número 189 del 15 de julio de 1994	Por la cual se dictan regulaciones para impedir la introducción de residuos peligrosos al territorio nacional.

NORMAS	OBJETO
Resolución 391 de 2001	Derogada por la Resolución 1208 de 2003. Normas técnicas y estándares ambientales para la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire en el perímetro urbano de la ciudad de Bogotá D.C.
Resolución 1208 de 2003	Por la cual se dictan normas sobre prevención y control de la contaminación atmosférica por fuentes fijas y protección de la calidad del aire
Decreto 948 de 1995	Reglamento de protección y control de la calidad del aire, el cual ha sido sujeto a diversas modificaciones y reglamentaciones en cuanto a fuentes fijas, móviles y calidad de combustibles.
La Ley 769 del 2002	Nuevo Código Nacional de Tránsito, la entrada en funcionamiento de la revisión técnico mecánica obligatoria de vehículos particulares
Resolución 3500 de 2005	Que se inicia en enero de 2007, el Centro se constituye en uno en los primeros habilitados para ofrecer el servicio bajo la nueva norma.



## Anexo 2. Encuesta para la caracterización de la flota vehicular

	<b>ENCUESTA</b> <b>"Determinación de la dinámica de exposición de contaminantes atmosféricos en la Universidad Autónoma de Occidente y estimación del riesgo sanitario asociado"</b> Grupo de profesores investigadores de la Facultad de Ingeniería de la UAO	Día <input style="width: 30px;" type="text"/> Mes <input style="width: 30px;" type="text"/> Año <input style="width: 30px;" type="text"/>
Nombre: <input style="width: 90%;" type="text"/> Nombre Encuestador: <input style="width: 90%;" type="text"/>		
<p>1. Señale a qué categoría vehicular corresponde el automóvil que usted conduce</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">         </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 5px;"> <span>Automovil <input type="checkbox"/></span> <span>Taxi <input type="checkbox"/></span> <span>Campero <input type="checkbox"/></span> <span>Bus <input type="checkbox"/></span> <span>Buseta <input type="checkbox"/></span> <span>Camion Liviano Diesel <input type="checkbox"/></span> <span>Camion Pesado Diesel <input type="checkbox"/></span> <span>Moto <input type="checkbox"/></span> <span>Otro ¿Cuál? <input style="width: 50px;" type="text"/></span> </div>		
<p>2. ¿Qué cantidad de Km tiene de recorrido su vehículo? <input style="width: 150px;" type="text"/></p> <p>3. ¿Que marca tiene su vehículo? <input style="width: 150px;" type="text"/></p> <p>4. ¿Cuál es el año de fabricación de su vehículo? <input style="width: 150px;" type="text"/></p> <p>5. ¿De la siguiente lista, ¿cuál es el combustible utilizado?</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 5px;"> <span>Gasolina <input type="checkbox"/></span> <span>Diesel <input type="checkbox"/></span> <span>Gasolina / Gas <input type="checkbox"/></span> <span>Gas <input type="checkbox"/></span> <span>Gas / Diesel <input type="checkbox"/></span> </div>		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>6. Señale la capacidad en centímetros cúbicos (cc) del motor de su vehículo?</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 5px;"> <span>Menos de 1400 <input type="checkbox"/></span> <span>1400 &lt; cc &lt; 2000 <input type="checkbox"/></span> <span>&gt; de 2000 <input type="checkbox"/></span> </div> </div> <div style="width: 45%;"> <p>7. ¿Tiene aire acondicionado? <span style="float: right;">Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/></span></p> </div> </div>		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>8. ¿Normalmente cuántas horas al día permanece encendido el aire acondicionado?</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 5px;"> <span>Menos de 2 horas <input type="checkbox"/></span> <span>Entre 2 y 5 horas <input type="checkbox"/></span> <span>Entre 5 y 10 horas <input type="checkbox"/></span> <span>Mas de 10 horas <input type="checkbox"/></span> </div> </div> <div style="width: 45%;"> <p>9. ¿Tiene carburador su vehículo? <span style="float: right;">Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/></span></p> </div> </div>		
<p>10. ¿Respecto al convertidor catalítico (C.C), señale cuál es la condición de su vehículo?</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 5px;"> <span>No tiene <input type="checkbox"/></span> <span>Tiene de 2 vías <input type="checkbox"/></span> <span>Tiene de 3 vías <input type="checkbox"/></span> </div>		
<p>11. ¿Cuántas veces al día enciende usted el motor de su vehículo, después de que este se ha enfriado?</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 5px;"> <span>Una vez <input type="checkbox"/></span> <span>Dos veces <input type="checkbox"/></span> <span>Tres veces <input type="checkbox"/></span> <span>Cuatro veces <input type="checkbox"/></span> <span>Cinco veces <input type="checkbox"/></span> <span>Mas de cinco veces <input type="checkbox"/></span> </div>		

### Anexo 3. Formato para el conteo de vehículos

ELABORADO POR:					FECHA DE ESTUDIO:		
RUTA:					HORA DE ESTUDIO:		
	HORARIO	TIPO	CANTIDAD		HORARIO	TIPO	CANTIDAD
día 1	00:00-01:00	T1		día 2	00:00-01:00	T1	
		T2				T2	
		T3				T3	
		T4				T4	
	01:00-02:00	T1			01:00-02:00	T1	
		T2				T2	
		T3				T3	
		T4				T4	
	02:00-03:00	T1			02:00-03:00	T1	
		T2				T2	
		T3				T3	
		T4				T4	
	03:00-04:00	T1			03:00-04:00	T1	
		T2				T2	
		T3				T3	
		T4				T4	
	04:00-05:00	T1			04:00-05:00	T1	
		T2				T2	
		T3				T3	
		T4				T4	
	05:00-06:00	T1			05:00-06:00	T1	
		T2				T2	
		T3				T3	
		T4				T4	
	06:00-07:00	T1			06:00-07:00	T1	
		T2				T2	
		T3				T3	
		T4				T4	
07:00-08:00	T1		07:00-08:00	T1			
	T2			T2			
	T3			T3			
	T4			T4			
08:00-09:00	T1		08:00-09:00	T1			
	T2			T2			

		T3				T3	
		T4				T4	
	09:00-10:00	T1			09:00-10:00	T1	
		T2				T2	
		T3				T3	
		T4				T4	
	10:00-11:00	T1			10:00-11:00	T1	
		T2				T2	
		T3				T3	
		T4				T4	
	11:00-12:00	T1			11:00-12:00	T1	
		T2				T2	
		T3				T3	
		T4				T4	
	12:00-13:00	T1			12:00-13:00	T1	
		T2				T2	
		T3				T3	
		T4				T4	
	13:00 - 14:00	T1			13:00 - 14:00	T1	
		T2				T2	
		T3				T3	
		T4				T4	
	14:00-15:00	T1			14:00-15:00	T1	
		T2				T2	
		T3				T3	
		T4				T4	
	15:00-16:00	T1			15:00-16:00	T1	
		T2				T2	
		T3				T3	
		T4				T4	
	16:00-17:00	T1			16:00-17:00	T1	
		T2				T2	
		T3				T3	
		T4				T4	
	17:00-18:00	T1			17:00-18:00	T1	
		T2				T2	
		T3				T3	
		T4				T4	
	18:00-19:00	T1			18:00-19:00	T1	
		T2				T2	

		T3				T3	
		T4				T4	
	19:00-20:00	T1			19:00-20:00	T1	
		T2				T2	
		T3				T3	
		T4				T4	
	20:00-21:00	T1			20:00-21:00	T1	
		T2				T2	
		T3				T3	
		T4				T4	
	21:00-22:00	T1			21:00-22:00	T1	
		T2				T2	
		T3				T3	
		T4				T4	
	22:00-23:00	T1			22:00-23:00	T1	
		T2				T2	
		T3				T3	
		T4				T4	
	23:00-24:00	T1			23:00-24:00	T1	
		T2				T2	
		T3				T3	
		T4				T4	

#### Anexo 4. Formato para asignación de tiempos

	hora	T1	T2	T3	T4
día 1	00:00-01:00				
	01:00-02:00				
	02:00-03:00				
	03:00-04:00				
	04:00-05:00				
	05:00-06:00				
	06:00-07:00				
	07:00-08:00				
	08:00-09:00				
	09:00-10:00				
	10:00-11:00				
	11:00-12:00				
	12:00-13:00				
	13:00-14:00				
	14:00-15:00				
	15:00-16:00				
	16:00-17:00				
	17:00-18:00				
	18:00-19:00				
	19:00-20:00				
	20:00-21:00				
	21:00-22:00				
	22:00-23:00				
	23:00-24:00				

**Anexo 5.** Formato para las lecturas de velocidades de vehículos en tránsito

	hora	T1	T2	T3	T4
día 1	00:00-01:00				
	01:00-02:00				
	02:00-03:00				
	03:00-04:00				
	04:00-05:00				
	05:00-06:00				
	06:00-07:00				
	07:00-08:00				
	08:00-09:00				
	09:00-10:00				
	10:00-11:00				
	11:00-12:00				
	12:00-13:00				
	13:00-14:00				
	14:00-15:00				
	15:00-16:00				
	16:00-17:00				
	17:00-18:00				
	18:00-19:00				
	19:00-20:00				
	20:00-21:00				
	21:00-22:00				
	22:00-23:00				
	23:00-24:00				

**Anexo 6. Emisión NOx hora a hora para el día 28 de septiembre 00:00 hasta 03:00**

		00:00-01:00	01:00-02:00	02:00-03:00
<b>modelo vehículo</b>	<b>categoría vehículo</b>			
PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	0	0	0
	1.4 < AUTO < 2 L	0	0	0
	AUTO > 2 L	0	0	0
	BUSES	0	0	0
	CAMIONES	0	0	0
	MOTOS	0	0	0
ECE-1501 1970<año<1979	AUTO < 1.4 L	6,19	6,19	2,06
	1.4 < AUTO < 2 L	17,93	17,93	5,98
	AUTO > 2 L	12,14	8,57	3,56
	BUSES	11,94	5,97	5,97
	CAMIONES	17,91	11,94	11,94
	MOTOS	0,13	0,06	0
ECE-1503 1979<año<1986	AUTO < 1.4 L	11,54	11,54	2,88
	1.4 < AUTO < 2 L	25,58	31,87	9,43
	AUTO > 2 L	14,85	11,29	3,57
	BUSES	11,94	5,97	11,94
	CAMIONES	28,38	11,94	17,91
	MOTOS	0,52	0,32	0,13
ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	79,61	92,04	27,36
	1.4 < AUTO < 2 L	222,09	246,21	77,99
	AUTO > 2 L	86,36	66,69	35,26
	BUSES	68,69	34,34	34,34
	CAMIONES	62,72	28,38	40,31
	MOTOS	2,14	1,43	0,39
Emisiones NOx (g/h)		680,66	592,71	291,05

**Anexo 7. Emisión NOx hora a hora para el día 28 de septiembre 03:00 hasta 06:00**

		03:00-04:00	04:00-05:00	05:00-06:00
<b>modelo vehículo</b>	<b>categoría vehículo</b>			
PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	0	0	0
	1.4 < AUTO < 2 L	0	0	0
	AUTO > 2 L	0	0	0
	BUSES	0	0	0
	CAMIONES	0	0	0
	MOTOS	0	0	0
ECE-1501 1970<año<1979	AUTO < 1.4 L	4,13	4,13	18,58
	1.4 < AUTO < 2 L	8,97	15,52	71,63
	AUTO > 2 L	7,13	22,84	70,64
	BUSES	11,94	46,28	68,69
	CAMIONES	22,41	68,69	103,04
	MOTOS	0,07	0,19	1,37
ECE-1503 1979<año<1986	AUTO < 1.4 L	5,77	8,66	37,51
	1.4 < AUTO < 2 L	16,14	26,42	114,69
	AUTO > 2 L	14,85	43,38	143,81
	BUSES	16,44	46,28	74,66
	CAMIONES	28,38	86,59	138,85
	MOTOS	0,39	0,78	5,59
ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	42,29	57,22	258,72
	1.4 < AUTO < 2 L	127,26	213,79	878,21
	AUTO > 2 L	76,39	244,77	840,38
	BUSES	68,69	201,57	316,55
	CAMIONES	68,69	201,57	316,55
	MOTOS	1,49	3,12	22,69
Emisiones NOx (g/h)		521,43	1291,81	3482,13



**Anexo 8. Emisión NOx hora a hora para el día 28 de septiembre de 06:00  
hasta 09:00**

		06:00-07:00	07:00-08:00	08:00-09:00
<b>modelo vehículo</b>	<b>categoría vehículo</b>			
PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	0	0	0
	1.4 < AUTO < 2 L	0	0	0
	AUTO > 2 L	0	0	0
	BUSES	0	0	0
	CAMIONES	0	0	0
	MOTOS	0	0	0
ECE-1501 1970<año<1979	AUTO < 1.4 L	72,68	89,94	72,17
	1.4 < AUTO < 2 L	206,04	255,43	220,41
	AUTO > 2 L	125,57	155,71	150,52
	BUSES	121,01	155,33	114,99
	CAMIONES	179,26	230,01	173,22
	MOTOS	2,01	2,86	2,53
ECE-1503 1979<año<1986	AUTO < 1.4 L	98,59	125,45	108,14
	1.4 < AUTO < 2 L	287,90	360,28	313,68
	AUTO > 2 L	246,60	313,79	297,20
	BUSES	126,98	161,29	120,95
	CAMIONES	242,01	310,65	229,97
	MOTOS	7,99	11,44	10,07
ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	808,01	1008,23	851,15
	1.4 < AUTO < 2 L	2395,19	2988,95	2573,03
	AUTO > 2 L	1476,32	1805,41	1681,99
	BUSES	554,22	703,43	524,15
	CAMIONES	554,22	709,39	530,12
	MOTOS	32,43	46,41	40,88
Emisiones NOx (g/h)		7537,05	9434,01	8015,21

**Anexo 9. Emisión NOx hora a hora para el día 28 de septiembre de 09:00  
hasta 12:00**

		09:00- 10:00	10:00- 11:00	11:00- 12:00
<b>modelo vehículo</b>	<b>categoría vehículo</b>			
PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	0	0	0
	1.4 < AUTO < 2 L	0	0	0
	AUTO > 2 L	0	0	0
	BUSES	0	0	0
	CAMIONES	0	0	0
	MOTOS	0	0	0
ECE-1501 1970<año<1979	AUTO < 1.4 L	58,16	64,39	62,31
	1.4 < AUTO < 2 L	186,68	200,88	201,43
	AUTO > 2 L	127,69	135,61	149,16
	BUSES	114,98	114,98	86,59
	CAMIONES	173,19	167,23	132,88
	MOTOS	2,14	1,69	1,82
ECE-1503 1979<año<1986	AUTO < 1.4 L	99,22	106,85	104,30
	1.4 < AUTO < 2 L	277,95	298,43	99,51
	AUTO > 2 L	253,29	270,61	294,32
	BUSES	120,95	114,98	92,57
	CAMIONES	229,95	225,45	173,19
	MOTOS	8,52	6,89	7,23
ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	740,57	804,77	786,43
	1.4 < AUTO < 2 L	2242,81	2425,44	2414,14
	AUTO > 2 L	1447,41	1527,43	1659,80
	BUSES	524,09	518,13	397,18
	CAMIONES	530,07	524,09	403,15
	MOTOS	34,58	27,89	29,31
Emisiones NOx (g/h)		7172,26	7535,75	7095,34

**Anexo 10. Emisión NOx hora a hora para el día 28 de septiembre de 12:00  
hasta 15:00**

		12:00- 13:00	13:00- 14:00	14:00- 15:00
<b>modelo vehículo</b>	<b>categoría vehículo</b>			
PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	0	0	0
	1.4 < AUTO < 2 L	0	0	0
	AUTO > 2 L	0	0	0
	BUSES	0	0	0
	CAMIONES	0	0	0
	MOTOS	0	0	0
ECE-1501 1970<año<1979	AUTO < 1.4 L	70,11	87,07	101,77
	1.4 < AUTO < 2 L	209,68	260,03	320,60
	AUTO > 2 L	143,22	166,39	216,97
	BUSES	80,64	114,98	120,95
	CAMIONES	114,98	167,23	173,19
	MOTOS	1,82	2,14	2,27
ECE-1503 1979<año<1986	AUTO < 1.4 L	103,64	133,97	170,45
	1.4 < AUTO < 2 L	300,78	377,88	475,78
	AUTO > 2 L	293,99	323,13	435,09
	BUSES	80,64	114,98	120,95
	CAMIONES	155,31	219,49	229,95
	MOTOS	7,28	8,45	9,04
ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	808,81	1041,84	1277,09
	1.4 < AUTO < 2 L	2459,39	3093,15	3854,29
	AUTO > 2 L	1648,90	1825,29	2444,17
	BUSES	356,90	501,71	530,07
	CAMIONES	356,90	507,67	530,07
	MOTOS	29,51	34,58	36,66
Emisiones NOx (g/h)		7222,53	8979,99	11049,35

**Anexo 11. Emisión NOx hora a hora para el día 28 de septiembre de 15:00  
hasta 18:00**

		15:00- 16:00	16:00- 17:00	17:00- 18:00
<b>modelo vehículo</b>	<b>categoría vehículo</b>			
PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	0	0	0
	1.4 < AUTO < 2 L	0	0	0
	AUTO > 2 L	0	0	0
	BUSES	0	0	0
	CAMIONES	0	0	0
	MOTOS	0	0	0
ECE-1501 1970<año<1979	AUTO < 1.4 L	91,39	101,77	87,23
	1.4 < AUTO < 2 L	275,81	310,44	260,52
	AUTO > 2 L	171,79	186,49	148,08
	BUSES	126,91	114,97	86,59
	CAMIONES	185,14	167,23	132,88
	MOTOS	1,82	2,6	3,57
ECE-1503 1979<año<1986	AUTO < 1.4 L	150,09	167,90	145,00
	1.4 < AUTO < 2 L	412,19	455,99	387,26
	AUTO > 2 L	336,11	366,97	288,69
	BUSES	126,91	114,97	92,56
	CAMIONES	247,86	225,45	173,19
	MOTOS	7,21	10,34	14,30
ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	1132,64	1270,21	1093,66
	1.4 < AUTO < 2 L	3347,13	3735,89	3170,52
	AUTO > 2 L	1917,42	2084,69	1640,45
	BUSES	576,35	513,63	397,18
	CAMIONES	576,35	518,13	403,15
	MOTOS	29,25	42,05	58,17
Emisiones NOx (g/h)		9712,41	10389,76	8583,08

**Anexo 12. Emisión NOx hora a hora para el día 28 de septiembre de 18:00  
hasta 21:00**

		18:00- 19:00	19:00- 20:00	20:00- 21:00
<b>modelo vehículo</b>	<b>categoría vehículo</b>			
PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	0	0	0
	1.4 < AUTO < 2 L	0	0	0
	AUTO > 2 L	0	0	0
	BUSES	0	0	0
	CAMIONES	0	0	0
	MOTOS	0	0	0
ECE-1501 1970<año<1979	AUTO < 1.4 L	109,28	82,48	68,41
	1.4 < AUTO < 2 L	292,91	225,31	189,98
	AUTO > 2 L	108,26	87,25	68,73
	BUSES	138,86	114,98	86,60
	CAMIONES	207,56	167,24	126,92
	MOTOS	2,47	1,36	1,10
ECE-1503 1979<año<1986	AUTO < 1.4 L	162,22	121,66	105,26
	1.4 < AUTO < 2 L	400,26	306,14	259,48
	AUTO > 2 L	192,51	156,29	121,10
	BUSES	144,86	114,98	86,60
	CAMIONES	282,23	225,47	167,23
	MOTOS	9,82	5,59	4,55
ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	1268,26	961,25	819,37
	1.4 < AUTO < 2 L	3445,77	2629,98	2227,97
	AUTO > 2 L	1117,05	909,87	714,68
	BUSES	645,10	513,67	391,27
	CAMIONES	645,10	518,18	391,23
	MOTOS	40,10	22,75	18,53
Emisiones NOx (g/h)		9212,68	7164,51	5849,00

**Anexo 13. Emisión NOx hora a hora para el día 28 de septiembre de 21:00  
hasta 24:00**

		21:00- 22:00	22:00- 23:00	23:00- 24:00
<b>modelo vehículo</b>	<b>categoría vehículo</b>			
PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	0	0	0
	1.4 < AUTO < 2 L	0	0	0
	AUTO > 2 L	0	0	0
	BUSES	0	0	0
	CAMIONES	0	0	0
	MOTOS	0	0	0
ECE-1501 1970<año<1979	AUTO < 1.4 L	54,00	20,64	8,26
	1.4 < AUTO < 2 L	148,77	60,36	30,47
	AUTO > 2 L	49,79	20,72	12,14
	BUSES	58,22	40,31	22,41
	CAMIONES	86,59	58,22	34,34
	MOTOS	1,04	0,45	0,19
ECE-1503 1979<año<1986	AUTO < 1.4 L	89,04	40,39	17,31
	1.4 < AUTO < 2 L	210,60	88,89	41,29
	AUTO > 2 L	87,35	36,84	25,55
	BUSES	58,22	40,31	22,41
	CAMIONES	114,97	80,63	46,28
	MOTOS	4,09	1,82	0,78
ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	671,79	281,11	124,38
	1.4 < AUTO < 2 L	1807,32	763,31	350,70
	AUTO > 2 L	500,32	232,02	147,93
	BUSES	270,26	173,19	109,00
	CAMIONES	276,24	173,19	109,00
	MOTOS	16,71	7,54	3,25
Emisiones NOx (g/h)		4505,36	2119,96	1105,72

**Anexo 14. Emisión CO hora a hora para el día 28 de septiembre de 00:00  
hasta 03:00**

		00:00- 01:00	01:00- 02:00	02:00- 03:00
<b>modelo vehículo</b>	<b>categoría vehículo</b>			
PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	0	0	0
	1.4 < AUTO < 2 L	0	0	0
	AUTO > 2 L	0	0	0
	BUSES	0	0	0
	CAMIONES	0	0	0
	MOTOS	0	0	0
ECE-1501 1970<año<1979	AUTO < 1.4 L	49,80	49,80	16,60
	1.4 < AUTO < 2 L	99,60	99,60	33,20
	AUTO > 2 L	38,65	27,62	11,02
	BUSES	1,69	0,85	0,85
	CAMIONES	2,55	1,69	1,69
	MOTOS	49,72	24,86	0
ECE-1503 1979<año<1986	AUTO < 1.4 L	29,03	29,03	7,26
	1.4 < AUTO < 2 L	61,82	76,34	21,77
	AUTO > 2 L	40,33	29,31	11,02
	BUSES	1,69	0,85	1,69
	CAMIONES	83,39	1,69	2,55
	MOTOS	198,88	124,3	49,72
ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	136,74	158,11	47,01
	1.4 < AUTO < 2 L	315,58	341,14	114,49
	AUTO > 2 L	198,29	141,72	82,70
	BUSES	148,49	74,25	74,25
	CAMIONES	147,64	73,39	75,09
	MOTOS	820,38	546,92	149,16
Emisiones CO (g/h)		2424,32	1801,49	700,09

**Anexo 15. Emisión CO hora a hora para el día 28 de septiembre de 03:00  
hasta 06:00**

		03:00- 04:00	04:00- 05:00	05:00- 06:00
<b>modelo vehículo</b>	<b>categoría vehículo</b>			
PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	0	0	0
	1.4 < AUTO < 2 L	0	0	0
	AUTO > 2 L	0	0	0
	BUSES	0	0	0
	CAMIONES	0	0	0
	MOTOS	0	0	0
ECE-1501 1970<año<1979	AUTO < 1.4 L	33,20	33,20	149,40
	1.4 < AUTO < 2 L	49,80	77,42	353,92
	AUTO > 2 L	22,05	71,72	220,62
	BUSES	1,69	75,94	148,49
	CAMIONES	72,55	148,49	222,74
	MOTOS	24,86	74,58	522,06
ECE-1503 1979<año<1986	AUTO < 1.4 L	14,51	21,77	94,34
	1.4 < AUTO < 2 L	40,05	69,36	295,44
	AUTO > 2 L	40,33	128,53	433,46
	BUSES	71,69	75,94	149,34
	CAMIONES	73,39	151,04	227,83
	MOTOS	149,16	298,32	2137,96
ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	72,64	98,28	444,42
	1.4 < AUTO < 2 L	191,25	365,77	1432,72
	AUTO > 2 L	185,47	620,24	2095,75
	BUSES	148,49	375,48	599,92
	CAMIONES	148,49	375,48	599,92
	MOTOS	571,78	1193,28	8676,14
Emisiones CO (g/h)		1911,45	4254,89	18804,52



**Anexo 16. Emisión CO hora a hora para el día 28 de septiembre de 06:00  
hasta 09:00**

		06:00- 07:00	07:00- 08:00	08:00- 09:00
<b>modelo vehículo</b>	<b>categoría vehículo</b>			
PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	0	0	0
	1.4 < AUTO < 2 L	0	0	0
	AUTO > 2 L	0	0	0
	BUSES	0	0	0
	CAMIONES	0	0	0
	MOTOS	0	0	0
ECE-1501 1970<año<1979	AUTO < 1.4 L	517,68	631,40	506,80
	1.4 < AUTO < 2 L	1081,65	1286,57	1064,69
	AUTO > 2 L	323,11	357,80	327,88
	BUSES	225,67	299,84	224,57
	CAMIONES	303,52	449,33	302,28
	MOTOS	770,66	1093,84	969,54
ECE-1503 1979<año<1986	AUTO < 1.4 L	523,91	569,24	422,06
	1.4 < AUTO < 2 L	1167,99	1261,42	954,85
	AUTO > 2 L	581,58	646,80	573,90
	BUSES	226,54	300,70	225,43
	CAMIONES	451,35	599,67	449,16
	MOTOS	3057,78	4375,36	3853,30
ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	2323,59	2607,00	1990,58
	1.4 < AUTO < 2 L	5217,11	5848,21	4585,04
	AUTO > 2 L	2906,55	3250,88	2920,93
	BUSES	982,28	1280,57	976,87
	CAMIONES	982,28	1281,43	977,72
	MOTOS	12405,14	17750,04	15636,94
Emisiones CO (g/h)		34048,44	43890,15	36962,56

**Anexo 17. Emisión CO hora a hora para el día 28 de septiembre de 09:00  
hasta 12:00**

		09:00- 10:00	10:00- 11:00	11:00- 12:00
<b>modelo vehículo</b>	<b>categoría vehículo</b>			
PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	0	0	0
	1.4 < AUTO < 2 L	0	0	0
	AUTO > 2 L	0	0	0
	BUSES	0	0	0
	CAMIONES	0	0	0
	MOTOS	0	0	0
ECE-1501 1970<año<1979	AUTO < 1.4 L	426,16	471,82	456,60
	1.4 < AUTO < 2 L	903,60	979,70	971,87
	AUTO > 2 L	305,16	327,77	357,32
	BUSES	224,48	224,48	151,07
	CAMIONES	302,14	301,29	227,03
	MOTOS	820,38	646,36	696,08
ECE-1503 1979<año<1986	AUTO < 1.4 L	298,27	321,21	313,56
	1.4 < AUTO < 2 L	713,99	767,26	766,75
	AUTO > 2 L	548,59	585,80	637,52
	BUSES	225,33	224,48	151,92
	CAMIONES	448,96	378,96	302,14
	MOTOS	3256,66	2635,16	2759,46
ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	1452,27	1578,16	1542,19
	1.4 < AUTO < 2 L	3530,23	3812,19	3813,92
	AUTO > 2 L	2777,29	2928,63	3194,25
	BUSES	976,43	975,58	750,25
	CAMIONES	977,28	976,43	751,10
	MOTOS	13225,52	10664,94	11211,86
Emisiones CO (g/h)		31412,77	28800,23	29054,94

**Anexo 18. Emisión CO hora a hora para el día 28 de septiembre de 12:00  
hasta 15:00**

		12:00- 13:00	13:00- 14:00	14:00- 15:00
<b>modelo vehículo</b>	<b>categoría vehículo</b>			
PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	0	0	0
	1.4 < AUTO < 2 L	0	0	0
	AUTO > 2 L	0	0	0
	BUSES	0	0	0
	CAMIONES	0	0	0
	MOTOS	0	0	0
ECE-1501 1970<año<1979	AUTO < 1.4 L	492,32	620,34	745,78
	1.4 < AUTO < 2 L	1006,77	1266,76	1556,73
	AUTO > 2 L	307,44	374,12	521,21
	BUSES	150,29	224,52	225,33
	CAMIONES	224,57	301,35	302,14
	MOTOS	696,08	820,38	870,10
ECE-1503 1979<año<1986	AUTO < 1.4 L	404,48	455,07	512,41
	1.4 < AUTO < 2 L	910,89	1045,73	1223,04
	AUTO > 2 L	567,94	639,70	941,77
	BUSES	150,28	224,51	225,33
	CAMIONES	299,72	378,18	448,96
	MOTOS	2784,32	3231,80	3455,54
ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	1891,55	2220,68	2504,38
	1.4 < AUTO < 2 L	4381,97	5116,21	6060,57
	AUTO > 2 L	2863,19	3244,64	4689,51
	BUSES	675,43	904,04	1007,28
	CAMIONES	675,43	904,89	1007,28
	MOTOS	11286,44	13225,52	14021,04
Emisiones CO (g/h)		29769,12	35198,45	40318,44

**Anexo 19. Emisión CO hora a hora para el día 28 de septiembre de 15:00  
hasta 18:00**

		15:00- 16:00	16:00- 17:00	17:00- 18:00
<b>modelo vehículo</b>	<b>categoría vehículo</b>			
PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	0	0	0
	1.4 < AUTO < 2 L	0	0	0
	AUTO > 2 L	0	0	0
	BUSES	0	0	0
	CAMIONES	0	0	0
	MOTOS	0	0	0
ECE-1501 1970<año<1979	AUTO < 1.4 L	669,68	745,78	639,24
	1.4 < AUTO < 2 L	1359,76	1534,57	1299,32
	AUTO > 2 L	417,32	454,71	365,59
	BUSES	226,18	224,48	151,07
	CAMIONES	303,85	301,29	227,03
	MOTOS	696,08	994,40	1367,30
ECE-1503 1979<año<1986	AUTO < 1.4 L	451,23	504,76	435,93
	1.4 < AUTO < 2 L	1064,24	1178,45	1004,09
	AUTO > 2 L	726,97	793,73	623,52
	BUSES	226,18	224,47	151,92
	CAMIONES	451,51	378,96	302,14
	MOTOS	2759,46	3952,74	5469,20
ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	2221,12	2490,89	2144,69
	1.4 < AUTO < 2 L	5234,18	5835,03	4934,05
	AUTO > 2 L	3660,95	3976,57	3118,03
	BUSES	1053,25	905,58	750,25
	CAMIONES	1053,25	975,58	751,10
	MOTOS	11187,00	16084,42	22249,70
Emisiones CO (g/h)		33762,23	41556,44	45984,23

**Anexo 20. Emisión CO hora a hora para el día 28 de septiembre de 18:00  
hasta 21:00**

		18:00- 19:00	19:00- 20:00	20:00- 21:00
<b>modelo vehículo</b>	<b>categoría vehículo</b>			
PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	0	0	0
	1.4 < AUTO < 2 L	0	0	0
	AUTO > 2 L	0	0	0
	BUSES	0	0	0
	CAMIONES	0	0	0
	MOTOS	0	0	0
ECE-1501 1970<año<1979	AUTO < 1.4 L	767,44	579,20	487,41
	1.4 < AUTO < 2 L	1512,73	1159,24	970,87
	AUTO > 2 L	269,98	217,17	171,81
	BUSES	228,00	224,57	151,10
	CAMIONES	376,57	301,43	226,22
	MOTOS	944,68	522,06	422,62
ECE-1503 1979<año<1986	AUTO < 1.4 L	633,09	474,82	357,55
	1.4 < AUTO < 2 L	1299,72	988,83	750,05
	AUTO > 2 L	481,35	314,45	244,18
	BUSES	228,86	224,57	151,10
	CAMIONES	526,01	379,15	301,35
	MOTOS	3753,86	2137,96	1740,20
ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	2966,07	2248,07	1746,49
	1.4 < AUTO < 2 L	6141,11	4701,15	3655,12
	AUTO > 2 L	1950,95	1588,44	1252,79
	BUSES	1202,29	906,01	749,52
	CAMIONES	1202,29	976,01	749,52
	MOTOS	15338,62	8701,00	7085,10
Emisiones CO (g/h)		39823,64	26644,15	21213,03

**Anexo 21. Emisión CO hora a hora para el día 28 de septiembre de 18:00  
hasta 21:00**

		21:00- 22:00	22:00- 23:00	23:00- 24:00
<b>modelo vehículo</b>	<b>categoría vehículo</b>			
PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	0	0	0
	1.4 < AUTO < 2 L	0	0	0
	AUTO > 2 L	0	0	0
	BUSES	0	0	0
	CAMIONES	0	0	0
	MOTOS	0	0	0
ECE-1501 1970<año<1979	AUTO < 1.4 L	395,72	166,00	66,40
	1.4 < AUTO < 2 L	775,78	326,42	160,42
	AUTO > 2 L	135,21	66,28	38,65
	BUSES	77,66	75,09	72,55
	CAMIONES	151,07	77,64	74,25
	MOTOS	397,76	174,02	74,58
ECE-1503 1979<año<1986	AUTO < 1.4 L	267,68	101,59	43,54
	1.4 < AUTO < 2 L	557,01	210,73	98,11
	AUTO > 2 L	186,54	102,71	73,41
	BUSES	77,66	75,09	72,55
	CAMIONES	224,48	150,19	75,95
	MOTOS	1566,18	696,08	298,32
ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	1317,38	482,88	213,66
	1.4 < AUTO < 2 L	2752,09	1061,96	502,47
	AUTO > 2 L	909,35	509,62	346,12
	BUSES	524,07	302,08	223,59
	CAMIONES	524,92	302,08	223,59
	MOTOS	6389,02	2883,76	1243,00
Emisiones CO (g/h)		17229,59	7764,27	3901,16

**Anexo 22. Emisión COV hora a hora para el día 28 de septiembre de 00:00  
hasta 03:00**

		00:00- 01:00	01:00- 02:00	02:00- 03:00
<b>modelo vehículo</b>	<b>categoría vehículo</b>			
PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	0	0	0
	1.4 < AUTO < 2 L	0	0	0
	AUTO > 2 L	0	0	0
	BUSES	0	0	0
	CAMIONES	0	0	0
	MOTOS	0	0	0
ECE-1501 1970<año<1979	AUTO < 1.4 L	3,48	3,48	1,16
	1.4 < AUTO < 2 L	6,95	6,95	2,32
	AUTO > 2 L	2,01	1,58	0,42
	BUSES	0,69	0,34	0,34
	CAMIONES	1,04	0,69	0,69
	MOTOS	17,07	8,53	0,00
ECE-1503 1979<año<1986	AUTO < 1.4 L	3,87	3,87	0,97
	1.4 < AUTO < 2 L	7,21	9,15	2,91
	AUTO > 2 L	2,25	1,82	0,43
	BUSES	0,69	0,35	0,69
	CAMIONES	8,38	0,69	1,04
	MOTOS	68,28	42,68	17,07
ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	23,29	26,93	8,01
	1.4 < AUTO < 2 L	47,48	53,47	16,41
	AUTO > 2 L	11,98	10,06	7,73
	BUSES	17,46	8,73	8,73
	CAMIONES	17,12	8,39	9,08
	MOTOS	281,69	187,79	51,22
Emisiones COV (g/h)		521,00	375,55	129,24

**Anexo 23. Emisión COV hora a hora para el día 28 de septiembre de 03:00  
hasta 06:00**

		03:00- 04:00	04:00- 05:00	05:00- 06:00
<b>modelo vehículo</b>	<b>categoría vehículo</b>			
PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	0	0	0
	1.4 < AUTO < 2 L	0	0	0
	AUTO > 2 L	0	0	0
	BUSES	0	0	0
	CAMIONES	0	0	0
	MOTOS	0	0	0
ECE-1501 1970<año<1979	AUTO < 1.4 L	2,32	2,32	10,43
	1.4 < AUTO < 2 L	3,48	5,06	23,01
	AUTO > 2 L	0,85	3,29	9,58
	BUSES	0,69	9,43	17,47
	CAMIONES	8,04	17,46	26,20
	MOTOS	8,53	25,61	179,25
ECE-1503 1979<año<1986	AUTO < 1.4 L	1,94	2,91	12,59
	1.4 < AUTO < 2 L	4,30	6,12	27,95
	AUTO > 2 L	2,25	5,66	18,16
	BUSES	7,69	9,42	17,81
	CAMIONES	8,38	18,51	28,28
	MOTOS	51,21	102,43	734,09
ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	12,37	16,74	75,70
	1.4 < AUTO < 2 L	26,31	40,51	172,18
	AUTO > 2 L	9,80	29,46	103,28
	BUSES	17,46	45,40	72,29
	CAMIONES	17,46	45,40	72,29
	MOTOS	196,33	409,73	2979,06
Emisiones COV (g/h)		379,46	795,50	4579,68



**Anexo 24. Emisión COV hora a hora para el día 28 de septiembre de 06:00  
hasta 09:00**

		06:00- 07:00	07:00- 08:00	08:00- 09:00
<b>modelo vehículo</b>	<b>categoría vehículo</b>			
PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	0	0	0
	1.4 < AUTO < 2 L	0	0	0
	AUTO > 2 L	0	0	0
	BUSES	0	0	0
	CAMIONES	0	0	0
	MOTOS	0	0	0
ECE-1501 1970<año<1979	AUTO < 1.4 L	47,49	56,58	43,96
	1.4 < AUTO < 2 L	101,67	117,32	93,27
	AUTO > 2 L	38,62	39,43	31,62
	BUSES	27,35	36,06	26,93
	CAMIONES	37,53	53,92	37,07
	MOTOS	264,61	375,58	332,90
ECE-1503 1979<año<1986	AUTO < 1.4 L	55,56	64,62	50,93
	1.4 < AUTO < 2 L	127,56	144,17	112,49
	AUTO > 2 L	74,33	76,90	59,41
	BUSES	27,71	36,41	27,28
	CAMIONES	54,71	72,13	53,86
	MOTOS	1049,93	1502,33	1323,08
ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	425,35	474,84	359,83
	1.4 < AUTO < 2 L	917,23	1014,86	771,42
	AUTO > 2 L	397,29	413,77	324,44
	BUSES	120,31	155,81	118,22
	CAMIONES	120,31	156,16	118,57
	MOTOS	4259,46	6094,70	5369,14
Emisiones COV (g/h)		8147,06	10885,63	9254,44

**Anexo 25. Emisión COV hora a hora para el día 28 de septiembre de 09:00  
hasta 12:00**

		09:00- 10:00	10:00- 11:00	11:00- 12:00
<b>modelo vehículo</b>	<b>categoría vehículo</b>			
PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	0	0	0
	1.4 < AUTO < 2 L	0	0	0
	AUTO > 2 L	0	0	0
	BUSES	0	0	0
	CAMIONES	0	0	0
	MOTOS	0	0	0
ECE-1501 1970<año<1979	AUTO < 1.4 L	33,70	37,32	36,11
	1.4 < AUTO < 2 L	70,22	76,24	75,49
	AUTO > 2 L	19,85	21,50	23,28
	BUSES	26,90	26,90	18,51
	CAMIONES	37,03	36,68	27,95
	MOTOS	281,69	221,93	239,01
ECE-1503 1979<año<1986	AUTO < 1.4 L	39,23	42,25	41,24
	1.4 < AUTO < 2 L	83,93	90,41	89,29
	AUTO > 2 L	36,94	39,73	42,85
	BUSES	27,25	26,91	18,86
	CAMIONES	53,81	46,81	37,03
	MOTOS	1118,21	904,81	947,49
ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	256,33	278,55	272,20
	1.4 < AUTO < 2 L	544,62	590,61	582,25
	AUTO > 2 L	211,94	224,31	240,64
	BUSES	118,09	117,75	90,49
	CAMIONES	118,44	118,09	90,84
	MOTOS	4541,15	3661,94	3849,73
Emisiones COV (g/h)		7619,38	6562,79	6723,31

**Anexo 26. Emisión COV hora a hora para el día 28 de septiembre de 12:00  
hasta 15:00**

		12:00- 13:00	13:00- 14:00	14:00- 15:00
<b>modelo vehículo</b>	<b>categoría vehículo</b>			
PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	0	0	0
	1.4 < AUTO < 2 L	0	0	0
	AUTO > 2 L	0	0	0
	BUSES	0	0	0
	CAMIONES	0	0	0
	MOTOS	0	0	0
ECE-1501 1970<año<1979	AUTO < 1.4 L	42,70	51,61	58,98
	1.4 < AUTO < 2 L	88,25	105,10	121,05
	AUTO > 2 L	29,76	30,09	34,03
	BUSES	18,19	26,92	27,25
	CAMIONES	26,93	36,70	37,03
	MOTOS	239,01	281,69	298,76
ECE-1503 1979<año<1986	AUTO < 1.4 L	48,81	57,75	67,40
	1.4 < AUTO < 2 L	107,18	125,07	144,05
	AUTO > 2 L	58,81	54,91	63,94
	BUSES	18,18	26,91	27,25
	CAMIONES	36,02	46,48	53,81
	MOTOS	956,03	1109,68	1186,50
ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	341,93	397,26	442,03
	1.4 < AUTO < 2 L	735,82	838,29	937,66
	AUTO > 2 L	317,43	307,04	358,30
	BUSES	81,49	110,10	118,44
	CAMIONES	81,49	110,45	118,44
	MOTOS	3875,34	4541,15	4814,30
Emisiones COV (g/h)		7103,41	8257,21	8909,29

**Anexo 27. Emisión COV hora a hora para el día 28 de septiembre de 15:00  
hasta 18:00**

		15:00- 16:00	16:00- 17:00	17:00- 18:00
<b>modelo vehículo</b>	<b>categoría vehículo</b>			
PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	0	0	0
	1.4 < AUTO < 2 L	0	0	0
	AUTO > 2 L	0	0	0
	BUSES	0	0	0
	CAMIONES	0	0	0
	MOTOS	0	0	0
ECE-1501 1970<año<1979	AUTO < 1.4 L	52,96	58,98	50,56
	1.4 < AUTO < 2 L	106,03	119,71	101,52
	AUTO > 2 L	27,48	30,02	24,35
	BUSES	27,60	26,90	18,51
	CAMIONES	37,72	36,68	27,95
	MOTOS	239,01	341,44	469,48
ECE-1503 1979<año<1986	AUTO < 1.4 L	59,35	66,39	57,34
	1.4 < AUTO < 2 L	126,84	140,81	121,03
	AUTO > 2 L	49,88	54,46	43,64
	BUSES	27,60	26,91	18,86
	CAMIONES	54,85	46,81	37,03
	MOTOS	947,49	1357,22	1877,92
ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	392,04	439,65	378,54
	1.4 < AUTO < 2 L	822,44	919,91	785,78
	AUTO > 2 L	285,68	311,77	248,22
	BUSES	127,87	110,75	90,49
	CAMIONES	127,87	117,75	90,84
	MOTOS	3841,20	5522,79	7639,72
Emisiones COV (g/h)		7353,96	9729,00	12081,83

**Anexo 28. Emisión COV hora a hora para el día 28 de septiembre de 18:00  
hasta 21:00**

		18:00- 19:00	19:00- 20:00	20:00- 21:00
<b>modelo vehículo</b>	<b>categoría vehículo</b>			
PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	0	0	0
	1.4 < AUTO < 2 L	0	0	0
	AUTO > 2 L	0	0	0
	BUSES	0	0	0
	CAMIONES	0	0	0
	MOTOS	0	0	0
ECE-1501 1970<año<1979	AUTO < 1.4 L	66,56	50,24	40,55
	1.4 < AUTO < 2 L	131,72	100,97	80,66
	AUTO > 2 L	25,17	20,26	13,95
	BUSES	28,33	26,93	18,52
	CAMIONES	45,82	36,72	27,61
	MOTOS	324,37	179,25	145,11
ECE-1503 1979<año<1986	AUTO < 1.4 L	76,39	57,29	45,37
	1.4 < AUTO < 2 L	155,28	118,01	92,74
	AUTO > 2 L	41,88	33,43	22,43
	BUSES	28,68	26,93	18,52
	CAMIONES	63,65	46,86	36,70
	MOTOS	1288,93	734,09	597,52
ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	536,16	406,37	312,43
	1.4 < AUTO < 2 L	1082,44	823,63	628,91
	AUTO > 2 L	241,25	193,95	134,77
	BUSES	145,50	110,87	90,18
	CAMIONES	145,50	117,87	90,18
	MOTOS	5266,71	2987,60	2432,76
Emisiones COV (g/h)		9694,40	6071,34	4828,97

**Anexo 29. Emisión COV hora a hora para el día 28 de septiembre 21:00 hasta 24:00**

		21:00- 22:00	22:00- 23:00	23:00- 24:00
<b>modelo vehículo</b>	<b>categoría vehículo</b>			
PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	0	0	0
	1.4 < AUTO < 2 L	0	0	0
	AUTO > 2 L	0	0	0
	BUSES	0	0	0
	CAMIONES	0	0	0
	MOTOS	0	0	0
ECE-1501 1970<año<1979	AUTO < 1.4 L	31,29	11,59	4,64
	1.4 < AUTO < 2 L	61,08	22,45	10,86
	AUTO > 2 L	9,59	3,60	2,01
	BUSES	10,13	9,08	8,04
	CAMIONES	18,52	10,12	8,73
	MOTOS	136,57	59,75	25,61
ECE-1503 1979<año<1986	AUTO < 1.4 L	35,21	13,56	5,81
	1.4 < AUTO < 2 L	70,64	26,05	12,05
	AUTO > 2 L	15,07	5,35	3,53
	BUSES	10,13	9,08	8,04
	CAMIONES	26,91	18,16	9,43
	MOTOS	537,77	239,01	102,43
ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	232,52	82,25	36,39
	1.4 < AUTO < 2 L	464,70	165,35	74,68
	AUTO > 2 L	86,94	33,86	20,09
	BUSES	62,89	37,01	26,54
	CAMIONES	63,24	37,01	26,55
	MOTOS	2193,75	990,17	426,80
Emisiones COV (g/h)		4066,97	1773,51	812,27

**Anexo 30. Emisión PM10 hora a hora para el día 28 de septiembre de 00:00  
hasta 03:00**

		00:00- 01:00	01:00- 02:00	02:00- 03:00
<b>modelo vehículo</b>	<b>categoría vehículo</b>			
PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	0	0	0
	1.4 < AUTO < 2 L	0	0	0
	AUTO > 2 L	0	0	0
	BUSES	0	0	0
	CAMIONES	0	0	0
	MOTOS	0	0	0
ECE-1501 1970<año<1979	AUTO < 1.4 L	0,12	0,12	0,04
	1.4 < AUTO < 2 L	0,36	0,36	0,12
	AUTO > 2 L	0,24	0,16	0,08
	BUSES	0,36	0,18	0,18
	CAMIONES	0,54	0,36	0,36
	MOTOS	0,40	0,20	0,00
ECE-1503 1979<año<1986	AUTO < 1.4 L	0,16	0,16	0,04
	1.4 < AUTO < 2 L	0,48	0,60	0,18
	AUTO > 2 L	0,32	0,24	0,08
	BUSES	0,36	0,18	0,36
	CAMIONES	1,62	0,36	0,54
	MOTOS	1,60	1,00	0,40
ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	1,28	1,48	0,44
	1.4 < AUTO < 2 L	5,94	5,88	2,20
	AUTO > 2 L	6,99	4,99	3,00
	BUSES	3,60	1,80	1,80
	CAMIONES	3,42	1,62	1,98
	MOTOS	6,60	4,40	1,20
Emisión PM10 (g/h)		34,41	24,11	13,01

**Anexo 31. Emisión PM10 hora a hora para el día 28 de septiembre de 03:00  
hasta 06:00**

		03:00- 04:00	04:00- 05:00	05:00- 06:00
<b>modelo vehículo</b>	<b>categoría vehículo</b>			
PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	0	0	0
	1.4 < AUTO < 2 L	0	0	0
	AUTO > 2 L	0	0	0
	BUSES	0	0	0
	CAMIONES	0	0	0
	MOTOS	0	0	0
ECE-1501 1970<año<1979	AUTO < 1.4 L	0,08	0,08	0,36
	1.4 < AUTO < 2 L	0,18	0,30	1,38
	AUTO > 2 L	0,16	0,48	1,52
	BUSES	0,36	2,16	3,60
	CAMIONES	1,44	3,60	5,40
	MOTOS	0,20	0,60	4,20
ECE-1503 1979<año<1986	AUTO < 1.4 L	0,08	0,12	0,52
	1.4 < AUTO < 2 L	0,30	0,48	2,10
	AUTO > 2 L	0,32	0,96	3,20
	BUSES	1,26	2,16	3,78
	CAMIONES	1,62	4,11	6,49
	MOTOS	1,20	2,40	17,20
ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	0,68	0,92	4,16
	1.4 < AUTO < 2 L	4,05	9,23	33,44
	AUTO > 2 L	6,76	22,79	77,53
	BUSES	3,60	9,91	15,68
	CAMIONES	3,60	9,91	15,68
	MOTOS	4,60	9,60	69,80
Emisión PM10 (g/h)		30,50	79,83	266,05



**Anexo 32. Emisión PM10 hora a hora para el día 28 de septiembre de 06:00  
hasta 09:00**

		06:00- 07:00	07:00- 08:00	08:00- 09:00
<b>modelo vehículo</b>	<b>categoría vehículo</b>			
PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	0	0	0
	1.4 < AUTO < 2 L	0	0	0
	AUTO > 2 L	0	0	0
	BUSES	0	0	0
	CAMIONES	0	0	0
	MOTOS	0	0	0
ECE-1501 1970<año<1979	AUTO < 1.4 L	1,44	1,76	1,40
	1.4 < AUTO < 2 L	4,80	5,76	4,80
	AUTO > 2 L	3,20	3,84	3,60
	BUSES	5,99	7,78	5,78
	CAMIONES	8,55	11,59	8,32
	MOTOS	6,20	8,80	7,80
ECE-1503 1979<año<1986	AUTO < 1.4 L	1,96	2,36	1,92
	1.4 < AUTO < 2 L	7,02	8,40	6,96
	AUTO > 2 L	6,48	8,00	7,36
	BUSES	6,18	7,97	5,96
	CAMIONES	11,99	15,57	11,56
	MOTOS	24,60	35,20	31,00
ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	16,48	19,80	16,08
	1.4 < AUTO < 2 L	87,64	106,09	92,09
	AUTO > 2 L	138,01	170,35	160,92
	BUSES	26,91	34,42	72,65
	CAMIONES	26,91	34,60	72,83
	MOTOS	99,80	142,80	125,80
Emisión PM10 (g/h)		484,18	625,11	636,84

**Anexo 33. Emisión PM10 hora a hora para el día 28 de septiembre de 09:00 hasta 12:00**

		09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00
<b>modelo vehículo</b>	<b>categoría vehículo</b>			
PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	0	0	0
	1.4 < AUTO < 2 L	0	0	0
	AUTO > 2 L	0	0	0
	BUSES	0	0	0
	CAMIONES	0	0	0
	MOTOS	0	0	0
ECE-1501 1970<año<1979	AUTO < 1.4 L	1,12	1,24	1,20
	1.4 < AUTO < 2 L	3,84	4,14	4,14
	AUTO > 2 L	2,88	3,04	3,36
	BUSES	5,77	5,77	4,15
	CAMIONES	8,29	8,11	6,31
	MOTOS	6,60	5,20	5,60
ECE-1503 1979<año<1986	AUTO < 1.4 L	1,56	1,68	1,64
	1.4 < AUTO < 2 L	5,64	6,06	6,06
	AUTO > 2 L	5,92	6,32	6,88
	BUSES	5,95	5,77	4,33
	CAMIONES	11,54	10,64	8,29
	MOTOS	26,50	21,20	22,20
ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	12,92	14,04	13,72
	1.4 < AUTO < 2 L	75,79	80,89	83,92
	AUTO > 2 L	135,27	142,35	156,33
	BUSES	25,79	25,61	19,65
	CAMIONES	25,97	25,79	19,84
	MOTOS	106,40	85,80	90,20
Emisión PM10 (g/h)		467,78	453,66	457,84

**Anexo 34. Emisión PM10 hora a hora para el día 28 de septiembre de 12:00  
hasta 15:00**

		12:00- 13:00	13:00- 14:00	14:00- 15:00
<b>modelo vehículo</b>	<b>categoría vehículo</b>			
PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	0	0	0
	1.4 < AUTO < 2 L	0	0	0
	AUTO > 2 L	0	0	0
	BUSES	0	0	0
	CAMIONES	0	0	0
	MOTOS	0	0	0
ECE-1501 1970<año<1979	AUTO < 1.4 L	1,36	1,68	1,96
	1.4 < AUTO < 2 L	4,56	5,52	6,60
	AUTO > 2 L	3,44	3,84	4,88
	BUSES	3,98	5,78	5,95
	CAMIONES	5,78	8,12	8,29
	MOTOS	5,60	6,60	7,00
ECE-1503 1979<año<1986	AUTO < 1.4 L	1,84	2,24	2,68
	1.4 < AUTO < 2 L	6,66	8,04	9,66
	AUTO > 2 L	7,28	7,76	10,16
	BUSES	3,97	5,77	5,95
	CAMIONES	7,77	10,47	11,54
	MOTOS	22,40	26,00	27,80
ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	15,28	18,92	22,28
	1.4 < AUTO < 2 L	88,81	103,59	129,26
	AUTO > 2 L	158,04	171,11	227,91
	BUSES	17,71	24,37	25,97
	CAMIONES	17,71	24,55	25,97
	MOTOS	90,80	106,40	112,80
Emisión PM10 (g/h)		463,01	540,77	646,68

**Anexo 35. Emisión PM10 hora a hora para el día 28 de septiembre de 15:00  
hasta 18:00**

		15:00- 16:00	16:00- 17:00	17:00- 18:00
<b>modelo vehículo</b>	<b>categoría vehículo</b>			
PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	0	0	0
	1.4 < AUTO < 2 L	0	0	0
	AUTO > 2 L	0	0	0
	BUSES	0	0	0
	CAMIONES	0	0	0
	MOTOS	0	0	0
ECE-1501 1970<año<1979	AUTO < 1.4 L	1,76	1,96	1,68
	1.4 < AUTO < 2 L	5,70	6,42	5,40
	AUTO > 2 L	3,84	4,16	3,28
	BUSES	6,13	5,77	4,15
	CAMIONES	8,66	8,12	6,31
	MOTOS	5,60	8,00	11,00
ECE-1503 1979<año<1986	AUTO < 1.4 L	2,36	2,64	2,28
	1.4 < AUTO < 2 L	8,40	9,30	7,92
	AUTO > 2 L	7,84	8,56	6,72
	BUSES	6,13	5,77	4,33
	CAMIONES	12,08	10,64	8,29
	MOTOS	22,20	31,80	44,00
ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	19,76	22,16	19,08
	1.4 < AUTO < 2 L	107,44	118,83	97,82
	AUTO > 2 L	176,39	191,01	148,66
	BUSES	28,14	24,71	19,66
	CAMIONES	28,14	25,61	19,84
	MOTOS	90,00	129,40	179,00
Emisión PM10 (g/h)		540,58	614,87	589,42

**Anexo 36. Emisión PM10 hora a hora para el día 28 de septiembre de 18:00  
hasta 21:00**

		18:00- 19:00	19:00- 20:00	20:00- 21:00
<b>modelo vehículo</b>	<b>categoría vehículo</b>			
PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	0	0	0
	1.4 < AUTO < 2 L	0	0	0
	AUTO > 2 L	0	0	0
	BUSES	0	0	0
	CAMIONES	0	0	0
	MOTOS	0	0	0
ECE-1501 1970<año<1979	AUTO < 1.4 L	2,12	1,60	1,32
	1.4 < AUTO < 2 L	6,48	4,98	4,08
	AUTO > 2 L	2,48	2,00	1,52
	BUSES	6,51	6,78	4,15
	CAMIONES	10,12	8,13	6,14
	MOTOS	7,60	4,20	3,40
ECE-1503 1979<año<1986	AUTO < 1.4 L	2,88	2,16	1,76
	1.4 < AUTO < 2 L	9,12	6,96	5,64
	AUTO > 2 L	4,72	3,84	2,88
	BUSES	6,69	6,78	4,15
	CAMIONES	13,92	10,67	8,12
	MOTOS	30,20	17,20	14,00
ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	23,96	18,16	14,88
	1.4 < AUTO < 2 L	98,10	76,29	61,13
	AUTO > 2 L	93,91	77,63	59,09
	BUSES	31,81	24,76	19,49
	CAMIONES	31,81	25,66	19,49
	MOTOS	123,40	70,00	57,00
Emisión PM10 (g/h)		505,84	367,83	288,26

**Anexo 37. Emisión PM10 hora a hora para el día 28 de septiembre de 21:00  
hasta 24:00**

		21:00- 22:00	22:00- 23:00	23:00- 24:00
<b>modelo vehículo</b>	<b>categoría vehículo</b>			
PRE-ECE AÑO ≤ 1970	AUTO < 1.4 L	0	0	0
	1.4 < AUTO < 2 L	0	0	0
	AUTO > 2 L	0	0	0
	BUSES	0	0	0
	CAMIONES	0	0	0
	MOTOS	0	0	0
ECE-1501 1970<año<1979	AUTO < 1.4 L	1,04	0,40	0,16
	1.4 < AUTO < 2 L	3,12	1,20	0,60
	AUTO > 2 L	1,04	0,40	0,24
	BUSES	2,53	1,98	1,44
	CAMIONES	4,15	2,52	1,80
	MOTOS	3,20	1,40	0,60
ECE-1503 1979<año<1986	AUTO < 1.4 L	1,40	0,56	0,24
	1.4 < AUTO < 2 L	4,38	1,68	0,78
	AUTO > 2 L	2,00	0,80	0,56
	BUSES	2,53	1,98	1,44
	CAMIONES	5,77	3,96	2,16
	MOTOS	12,60	5,60	2,40
ECE-1504 año ≥ 1986	AUTO < 1.4 L	11,72	4,52	2,00
	1.4 < AUTO < 2 L	46,24	18,62	9,52
	AUTO > 2 L	38,82	17,70	12,16
	BUSES	13,53	8,29	5,59
	CAMIONES	13,71	8,29	5,58
	MOTOS	51,40	23,20	10,00
Emisión PM10 (g/h)		219,17	103,11	57,28